



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE
CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS,
EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B, Y PLAN DE CONTINGENCIA
DEL INGENIO SANTA ANA**

Luis Manuel Estrada Marroquín

Asesorado por el Ingeniero Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, mayo de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE
CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS,
EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B, Y PLAN DE CONTINGENCIA
DEL INGENIO SANTA ANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

LUIS MANUEL ESTRADA MARROQUÍN

ASESORADO POR EL INGENIERO JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE
CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS,
EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B, Y PLAN DE CONTINGENCIA
DEL INGENIO SANTA ANA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 07 de julio del 2009.



Luis Manuel Estrada Marroquín



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 08 de marzo de 2010.
Ref.EPS.DOC.192.03.10.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Luis Manuel Estrada Marroquín**, Carné No. **200412684** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL INGENIO SANTA ANA”**.

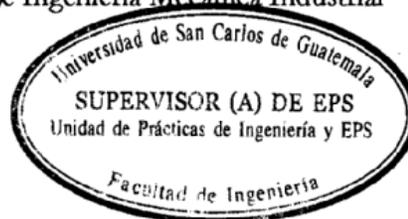
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 08 de marzo de 2010.
Ref.EPS.D.429.03.10

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

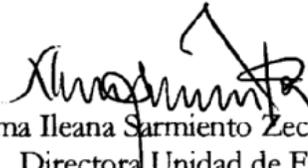
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL INGENIO SANTA ANA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Luis Manuel Estrada Marroquín** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecaña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Manuel Estrada Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2010.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS, EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Manuel Estrada Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rojas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DEL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS, EN LOS MOLINOS DE LOS TÁNDEM A, B, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Manuel Estrada Marroquín**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Glympe Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, mayo de 2010

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por todo lo que me ha permitido realizar en mi vida.
MARIA AUXILIADORA	Por ser fuente de amor y sabiduría.
MIS PADRES	Silvia Marroquín de Estrada y Luis Estrada, por todos los sacrificios realizados, por ser los mejores guías y ejemplo a seguir.
MI HERMANA	Claudia Estrada, por ser siempre motivo de inspiración, cariño y felicidad en mi vida.
MI FAMILIA	Tíos (as) y primos (as), por el apoyo que me han dado en todo momento.
MIS AMIGOS	Por brindarme su amistad, confianza en los buenos y malos momentos.
FAMILIA PANTALEÓN	Por los momentos, cariño y apoyo que me han brindado.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS	Por abrir sus puertas para mi superación académica.
USTED	Con mucho aprecio y respeto.

AGRADECIMIENTOS A

- Ing. Jaime Batten** Por sus incontables enseñanzas, asesoramiento y colaboración en la elaboración de este trabajo.
- Ing. Gustavo de León** Por sus incontables enseñanzas, asesoramiento y la colaboración en la elaboración de este trabajo.
- Ing. Erick Cruz** Por su colaboración y la ayuda en la realización de este trabajo.
- Ing. Orlando Pinzón** Por su colaboración y la ayuda en la realización de este trabajo.
- Ing. Félix Paíz** Por brindarme su amistad, su colaboración y la ayuda en la realización de este trabajo.
- Ing. Manolo Tock** Por brindarme su amistad, su colaboración y la ayuda en la realización de este trabajo.
- Levi Lacan** Por sus incontables enseñanzas y por su gran apoyo.
- La Familia Santaneca** Por su cariño y todo el tiempo compartido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
1.1. Identificación de la empresa	01
1.1.1. Reseña histórica	01
1.1.2. Visión	03
1.1.3. Misión	03
1.1.4. Estructura Organizacional	03
1.1.4.1 Organigrama de la empresa	05
1.1.5. Ubicación	06
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL (PASOS PARA REALIZAR EL MEJORAMIENTO EN EL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS, EN LOS MOLINOS DEL TÁNDEM A Y TÁNDEM B)	
2.1. Diagnóstico de la situación actual	07
2.1.1 Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)	08
2.1.2 Controles actuales	09
2.1.2.1 Inyectores	09
2.1.2.2 Temperaturas de chumaceras	10

2.1.2.3	Tiempos actuales de lubricación	11
2.1.3	Información del personal encargado de la lubricación de las chumaceras	12
2.1.4	Información de los sistemas de lubricación	14
2.1.4.1	Sistema de lubricación Farval	14
2.1.4.2	Sistema de lubricación Lincoln	15
2.1.4.3	Inyectores	15
2.1.4.4	Programación	21
2.1.4.5	Lubricante	22
2.1.4.6	Diseño de las chumaceras de los molinos de azúcar según su tipo	23
2.1.4.7	Aplicación actual	25
2.1.4.8	Análisis de mantenimiento	34
2.1.4.9	Análisis de costos	35
2.2.	Propuesta de mejora	37
2.2.1	Aplicación de lubricante en chumaceras de los molinos	37
2.2.1.1	Análisis mecánico de las chumaceras y los molinos.	38
2.2.1.2	Diseños de ranuras de lubricación	40
2.2.2	Análisis de la red de lubricación de los Tándem A y Tándem B	43
2.2.3	Estructura para implementar el sistema de control de registro de temperaturas	44
2.2.3.1	Recolección y análisis de información	44
2.2.3.2	Establecimiento de rutas y puntos de toma de mediciones	45
2.2.4	Control y registro	49
2.2.4.1	Hojas de control de temperaturas por turno.	50

2.2.4.2	Base de datos en MS Excel de las modificaciones en el sistema.	52
2.2.4.3	Gráficas de temperaturas de comportamientos operacionales	57
2.2.4.4	Proyección del consumo de lubricantes para los sistemas de lubricación de chumaceras para la zafra 09-10	60
2.2.5	Evaluación de los resultados de la prueba de un aceite como alternativa para la grasa actual	61
2.2.6	Manual de mantenimiento preventivo de los sistemas de lubricación del Tándem A y Tándem B	64
2.2.6.1	Diseño de los diagramas de los sistemas de lubricación	64
2.2.6.2	Inventario técnico elementos de las redes de lubricación	67
2.2.6.3	Determinación de mantenimiento preventivo para los elementos que conforman las redes de lubricación	68
2.2.6.4	Inspecciones y rutinas de mantenimiento preventivo de la red de lubricación	69
2.2.6.4.1.	Diseño hojas de inspección	69
2.2.6.4.2.	Plan de inspección por Tándem de Molinos	70
2.2.6.5	Rutinas de mantenimiento preventivo	78
2.2.6.5.1.	Diseño hoja rutina de mantenimiento	79
2.2.6.5.2.	Rutinas por medio de Tándem de Molinos	79
2.2.6.6	Ajustes y cuidados del montaje	91
2.2.7	Proceso de mantenimiento correctivo	92
2.2.8	Análisis de costos	94
2.2.8.1	Costo de lubricación	94

2.2.8.2	Costo indirectos de mantenimiento preventivo	100
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN (CREACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS, EN LAS ÁREAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN)	
3.1	Plan de contingencia ante sismo	105
3.1.1	Propósito del plan de evacuación y atención	106
3.1.2	Fin principal del plan	106
3.1.3	Alcance del plan	106
3.1.4	Objetivo del plan de evacuación y atención	106
3.2	Descripción de funciones de los responsables y esquema de coordinación	107
3.2.1	Funciones del responsable del plan	107
3.2.2	Funciones de los coordinadores del plan	108
3.2.3	Definición del puesto de mando	109
3.2.4	Funciones del puesto de mando	109
3.3	Pasos del sistema de evacuación	110
3.3.1	Identificar los riesgos a los que se exponen los trabajadores en las instalaciones	114
3.3.2	Riesgos dentro de las instalaciones	114
3.3.3	Identificación gráfica	124
3.3.3.1	Lugares seguros	124
3.3.3.2	Rutas de evacuación	126
4.	FASE DE DONCENCIA (CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL CONTROL DE TEMPERATURAS, CONTROL DE CONSUMO DE LUBRICANTE Y EL PLAN DE CONTINGENCIA DE SISMOS)	
4.1	Detección de necesidades	133
4.1.1	Proceso de detección de necesidades	134
4.1.2	Entrevistas	135

4.1.3	Observación	137
4.2	Planificar reuniones	138
4.2.1	Avance del control de temperaturas	138
4.2.2	Acciones correctivas	139
4.3	Programación de capacitaciones	139
4.3.1	Sistema de control de temperaturas de chumaceras	140
4.3.2	Sistema de lubricación de chumaceras Lincoln y Farval	141
4.3.3	Instrucciones del plan de contingencia contra sismos	142
4.3.4	Información de los factores de riesgos y las condiciones de evacuación	143
4.4	Metodología de capacitación	144
4.5	Evaluación de capacitación	145
	CONCLUSIONES	151
	RECOMENDACIONES	153
	BIBLIOGRAFÍA	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama grupo corporativo Santa Ana	05
2. Mapa de la ubicación de la empresa	06
3. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)	09
4. Hoja de Control de Temperaturas Tándem de Molinos A	10
5. Hoja de Control de Temperaturas Tándem de Molinos B	11
6. Partes de válvulas inyectoras series “DM” y “DD”	16
7. Nomenclatura válvulas series “DD”	17
8. Nomenclatura válvulas series “DM”	18
9. Controlador SS220	22
10. Ejemplo molino de 4 mazas	24
11. Diagrama de fuerzas en un molino de 4 mazas	39
12. Ubicación de la ranura de lubricación	41
13. Tejas de bronce de la maza cañera	42
14. Tejas de bronce de la maza bagacera	42
15. Tejas de bronce de la maza superior	42
16. Diagrama del sistema de lubricación	43
17. Medidor infra-rojo de temperatura tipo pistola	45
18. Zonas de toma de temperatura	46
19. Ruta de toma de temperaturas Tándem de Molinos A	47
20. Ruta de toma de temperaturas Tándem de molinos A (continuación)	48

21. Ruta de toma de temperaturas Tándem de Molinos A (continuación)	49
22. Hoja de control de temperaturas Tándem de Molinos A	51
23. Hoja de control de temperaturas Tándem de Molinos B	51
24. Hoja principal	53
25. Hoja de ingreso de temperaturas Tándem de Molinos A	54
26. Base de datos Tándem de Molinos A	55
27. Hoja de gráficas Molino # 1 Tándem A	56
28. Hoja de resumen	57
29. Temperaturas chumaceras Molino # 5 Tándem A lado espiga	59
30. Temperaturas chumaceras Molino # 5 Tándem A lado corona	59
31. Diagrama de la red de lubricación Tándem de Molinos A	65
32. Diagrama de la red de lubricación Tándem de Molinos B	66
33. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos A	71
34. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos A (continuación)	72
35. Hoja de inspección sistema de bombeo de lubricante Tándem de Molinos A	73
36. Hoja de inspección válvulas de reversa sistemas de lubricación Tándem de Molinos A	74
37. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos B	75
38. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem B (continuación)	76
39. Hoja de inspección sistema de bombeo de lubricante Tándem de Molinos B	77

40. Hoja de inspección válvulas de reversa sistemas de lubricación Tándem de Molinos B	78
41. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos A	82
42. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos A (continuación)	83
43. Hoja rutinas de mantenimiento para bombas hidráulicas Farval Tándem de Molinos A	84
44. Hoja rutinas de mantenimiento para reductores sistemas Farval Tándem de Molinos A	85
45. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de reversa sistemas Farval Tándem de Molinos A	86
46. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos B	87
47. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos B (continuación)	88
48. Hoja rutinas de mantenimiento para bombas hidráulicas Farval Tándem de Molinos B	89
49. Hoja rutinas de mantenimiento para reductores sistemas Farval Tándem de Molinos B	90
50. Hoja rutinas de mantenimiento para válvulas de reversa sistemas Farval Tándem de Molinos B	91
51. Diagrama de flujo del mantenimiento correctivo de los sistemas de lubricación de chumaceras	93
52. Plano puntos de reunión y rutas de evacuación	125
53. Hoja de identificación y priorización de funciones esenciales	136
54. Hoja de descripción por competencias laborales	137

55. Sistema de control de temperatura de chumaceras	141
56. Sistema de lubricación de chumaceras Farval y Lincoln	142
57. Procedimiento plan de contingencia contra sismos	143
58. Factores de riesgo	144
59. Formato de Evaluación Capacitación Seguridad Industrial	146
60. Formato de Evaluación Capacitación Seguridad Industrial (continuación)	147
61. Formato de Evaluación Capacitación Lubricantes y Lubri- cación	148
62. Formato de Evaluación Capacitación Lubricantes y Lubricación (Continuación)	159

TABLAS

I.	Tiempos iniciales en los sistemas de lubricación	12
II.	Personal encargado de la lubricación en el área de molinos Tándem de Molinos A y Tándem de Molinos B	13
III.	Descargas y ajuste de lubricante por modelo de válvulas Farval series DD y DM	17
IV.	Distribución de válvulas inyectoras de los sistemas centra- lizados de lubricación del Tándem de Molinos B	19
V.	Distribución de válvulas inyectoras de los sistemas centra- lizados de lubricación Tándem de Molinos A	20
VI.	Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos A hasta el día 60 de zafra	27
VII.	Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos B hasta el día 60 de zafra	30
VIII.	Análisis de registros de temperaturas del Molino # 5 Tándem A.	58
IX.	Comparativo final prueba grasa vs. aceite	62
X.	Comparativo final prueba grasa vs. aceite (continuación)	63
XI.	Elementos que conforman los sistemas de lubricación	67
XII.	Piezas que conforman los equipos de los sistemas de lu- bricación	68
XIII.	Materiales por molino, hoja de mantenimiento inyectoras de lubricante de chumaceras	80
XIV.	Materiales por bomba, hoja de mantenimiento sistema de bombeo Farval de lubricación de chumaceras	80
XV.	Materiales por reductor, hoja de mantenimiento sistema de bombeo Farval de lubricación de chumaceras	80

XVI.	Materiales por válvula de reversa, hoja de mantenimiento válvulas de reversa Farval sistemas lubricación de chumaceras	81
XVII.	Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos A del día 61 al 153 de zafra	94
XVIII.	Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos B del día 61 al 153 de zafra	97
XIX.	Cantidades de repuestos y accesorios necesarios en existencia en bodega	103

LISTA DE SÍMBOLOS

\$	Dólares (Estados Unidos)
Q.	Quetzal (Guatemala)
T.A.	Tándem A
T.B.	Tándem B
ISO	Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for standardization).
NLGI	Instituto Nacional de Grasa Lubricante (National Lubricating Grease Institute).
CTCM	Consumo de lubricante por tonelada de caña Molida
TCM	Toneladas de caña molida
PCL	Proyección del consumo de lubricante
N	Tiempo en días
T	Cantidad de toneles consumidos

S	Capacidad de libras de lubricante por tonel
F	Fuerza aplicada
P	Presión hidráulica
A	Área

GLOSARIO

BAGAZO	Residuos de la caña de azúcar que se obtienen luego del proceso de extracción de jugo en un molino.
CAÑA	Planta gramínea, cuyo tallo está lleno de un tejido esponjoso del que se puede generar azúcar
CHUMACERA	Pieza de metal, con un hueco donde descansa y guía cualquier eje de maquinaria.
GUARAPO	Mezcla de jugo con residuos sólidos de caña.
MAZA	Cilindro de gran tamaño y peso, compuesto por un eje de acero con una camisa de hierro fundido en su parte media, también se les llama cilindros o rodillos.
MOLIENDA	Cantidad de caña de azúcar molida durante un período de tiempo conocido.
MUÑON	Sección del eje o flecha que descansa en el rodamiento.

RUTA DE EVACUACIÓN	Acceso rápido y seguro dirigido a un lugar seguro o punto de reunión para resguardarse frente a una emergencia.
TANDEM DE MOLINOS	Se le llama así al conjunto de 4 – 7 molinos colocados en cascada.
TUBING	Tubería de cobre con propiedades de maleabilidad, capa de soportar presiones elevadas y moderadas temperaturas.

RESUMEN

Por medio del presente informe final del Ejercicio Práctico Supervisado (EPS) se enfoca, la forma por la cual se debe de mejorar los consumos de lubricante en los molinos de caña de azúcar en un ingenio azucarero. El problema a investigar consistió, en los altos consumos de lubricante por tonelada de caña molida durante los primeros días de la zafra 08-09 como consecuencia de la falta de seguimiento a los sistemas de lubricación y a las hojas de registro de temperaturas operacionales de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar; la forma planteada para solucionarlo es, un sistema de control diseñado en un lenguaje de programación que permite analizar y comparar el comportamiento de los valores de temperaturas, inyectores y uso de agua como enfriamiento externo; para luego, tomar las decisiones de tiempos y cantidades de lubricante inyectadas.

Como complemento al mejoramiento en el consumo de lubricante se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para los sistemas de lubricación de chumaceras de los molinos de caña de azúcar, el cual basa su contenido en: la creación de planos de la red de tubería de los sistemas de lubricación de las chumaceras para los dos tándem de molinos, hojas de inspección para el período de zafra, hojas de mantenimiento preventivo para el período de reparación, un listado de repuestos para un stock de seguridad, etc.

Se presenta además las actividades de capacitación como parte de la fase de docencia y la propuesta de un plan de contingencia contra sismos para las áreas de la división industrial y administrativa del Ingenio. Dentro del plan

de contingencia se realiza la descripción de los puntos de reunión propuestos, el análisis de riesgos y el costo de la rotulación necesaria para dicho plan.

OBJETIVOS

General:

- Mejorar el consumo de lubricante por tonelada de caña molida de los sistemas de lubricación.

Específicos:

1. Desarrollar una herramienta digital para el análisis y toma de decisiones en el control de temperaturas y consumo de lubricantes.
2. Desarrollar una herramienta digital capaz de mostrar mediante un control estadístico las variables de temperatura e incidencia de agua en forma ordenada, para realizar una prueba controlada del rendimiento del lubricante actual ante un lubricante diferente en el mercado.
3. Mejoramiento en el diseño actual de aplicación de lubricante a las chumaceras.
4. Hacer un estudio de costo-rendimiento de un lubricante disponible en el mercado como una opción al actual
5. Elaborar cuadros de programación de mantenimiento preventivo de los sistemas de lubricación.

6. Elaborar una propuesta del inventario óptimo de lubricante de chumacera para la siguiente zafra.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tendencia de las empresas es optimizar los recursos utilizados en sus procesos para lograr con ello una mejora en los beneficios obtenidos y una reducción de consumos que se transforma en una reducción de costos. El proceso de extracción de jugo de la caña de azúcar se lleva a cabo en los molinos de caña de azúcar colocados en cascada, siendo el conjunto de 4 a 7 molinos lo que se le conoce como Tándem de molinos. Los molinos de caña están compuestos por cilindros o mazas formadas por ejes de acero recubiertos en el medio por una camisa de fundición de hierro gris la cual es rayada según su diseño y ubicación, las mazas se encuentran soportadas a cada lado en sus muñones por chumaceras de bronce instaladas en estructuras llamadas vírgenes. Las mazas funcionan como rodillos que comprimen el colchón de caña de azúcar que se hace pasar a través de ellas de manera constante. El área de molinos del Ingenio Santa Ana está compuesto de 2 Tándem de molinos, siendo estos el Tándem A y Tándem B con capacidades de 10,500 y 8,500 toneladas respectivamente.

El propósito fundamental de este proyecto, es tratar de demostrar si existe algún beneficio en el consumo por tonelada de caña molida y respectivamente en el costo para la empresa en el uso del lubricante mediante el empleo de un sistema de control de temperaturas en los sistemas de lubricación centralizados automáticos de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar. Con el desarrollo del sistema de control de temperaturas evaluar el desempeño de un lubricante tipo aceite como una alternativa al lubricante actual tipo grasa. Además de proponer un programa de

mantenimiento dirigido a los equipos que conforman los 5 sistemas de lubricación de chumaceras instalados en el ingenio que contempla la realización de hojas de inspección y rutinas de mantenimiento.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

El presente capítulo tiene como finalidad proporcionar una breve descripción sobre la historia y la estructura organizacional del Ingenio Santa Ana.

1.1. Identificación de la empresa

El Ingenio Santa Ana forma parte del Grupo Corporativo Santa Ana, que con más de 39 años desde su fundación se ha convertido en uno de los líderes de la agroindustria azucarera guatemalteca. Santa Ana se dedica a la producción de caña de azúcar, elaboración de azúcar y generación de energía eléctrica. También comercializa subproductos como la melaza, bagazo y cachaza.

1.1.1. Reseña histórica

En 1968 un grupo de empresarios adquirió parte de los equipos Santa Juana y Canóvanas de Puerto Rico, iniciándose así la construcción del Ingenio Santa Ana, en la Finca Cerritos, ubicada a 65 Km. al sur de la ciudad de Guatemala, en el departamento de Escuintla, a 220 m. sobre el nivel del mar. La primera zafra prueba se hizo en 1969/70, moliéndose 154,973.75 toneladas de caña y produciendo 239,525 quintales de azúcar en 136 días; la capacidad instalada en esa época era de 3,500 ton/día. Actualmente tiene una capacidad instalada de 19,000 ton/día.

En 1993 comenzó a operar la refinería, diseñada para elaborar refina de alta calidad, partiendo de la azúcar blanca sulfitada, con capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Cuenta con 3 tachos, 7 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora; años más adelante, se instaló un clarificador de azúcar disuelta, para poder trabajar con azúcares afinadas.

En el área de cogeneración, el Ingenio Santa Ana produjo su propia energía eléctrica desde el comienzo de sus operaciones. En efecto, desde 1969 contó con una potencia instalada de 3,500 Kw., hoy en día la capacidad instalada actual es de 53 Mw.

La operaciones de corte de caña, se iniciaron en el período 1977/78. Se empleaban 1,200 cortadores para cortar 1,000 toneladas de caña diarias, con machete convencional. Hace seis años, se inició el programa de capacitación permanente para el corte de caña con machete australiano, habiéndose incrementado la eficiencia en el corte, la calidad de producto final, y los ingresos de los cortadores. Así también, se construyeron módulos habitacionales con todas las comodidades, para albergar a los cortadores de cuadrilla, precedentes del altiplano guatemalteco, a los cuales se proporciona alimentación abundante en proteínas, completa con sales de rehidratación oral.

En 1996, Santa Ana avanzó significativamente en sus planes estratégicos, al desarrollar una de las fábricas más eficientes, lo cuál logró colocando mayor capacidad instalada, con equipo de alta tecnología, ello apoyado por un proyecto de automatización industrial único en Centro América, alcanzando en la zafra 2004/05 una producción récord de 5,000,000 de quintales de azúcar.

1.1.2. Visión

Ser el equipo líder por excelencia en la administración estratégica de la agroindustria azucarera, competitivo en el contexto empresarial que demanda el siglo XXI, a través de un alto grado de tecnificación en todas nuestras áreas y un equipo humano motivado, desarrollado y visionario que consolide como un grupo de clase mundial; superándonos permanentemente por medio del mejoramiento continuo, con participación activa a todo nivel, sirviendo de modelo a otras empresas de Guatemala y Centro América para proyectarse al mundo.

1.1.3. Misión

Somos un grupo corporativo visionario, comprometido con el progreso y bienestar de Guatemala, dedicado a producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad, derivados de la caña de azúcar, por medio del desarrollo de los recursos humanos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes nacionales e internacionales.

1.1.4. Estructura Organizacional

Como empresa, Santa Ana está dirigida por una Junta Directiva, se estructura en siete divisiones y el staff de la gerencia general. Esta representada por un organigrama tipo funcional dado que tiene una mejor representación administrativa que se muestra en la figura 1.

a) Gerencia general

El gerente general es responsable de dirigir, planificar, coordinar, supervisar, controlar y evaluar las actividades de la gestión técnica y administrativa de las gerencias de división e impartir las instrucciones para la ejecución de las funciones correspondientes, además de definir e interpretar las políticas establecidas por la dirección. El correcto desempeño de estas obligaciones, requiere de un conocimiento funcional de todas las fases de la operación de la empresa, y una buena comunicación con sus subordinados.

b) División de recursos humanos

Su misión es satisfacer en forma eficaz los requerimientos del Recurso Humano adecuado mediante técnicas y procedimientos actualizados, propiciando las condiciones óptimas para su desarrollo personal y dentro de la Empresa, con el propósito de lograr la mayor eficiencia del Grupo Corporativo.

c) División agrícola y servicios

Es un equipo multidisciplinario, cuyo compromiso fundamental es el aprovechamiento integral sostenible de los recursos naturales, para producir caña de azúcar, otros productos agrícolas, servicios de cosecha, taller y transporte.

d) División administrativa

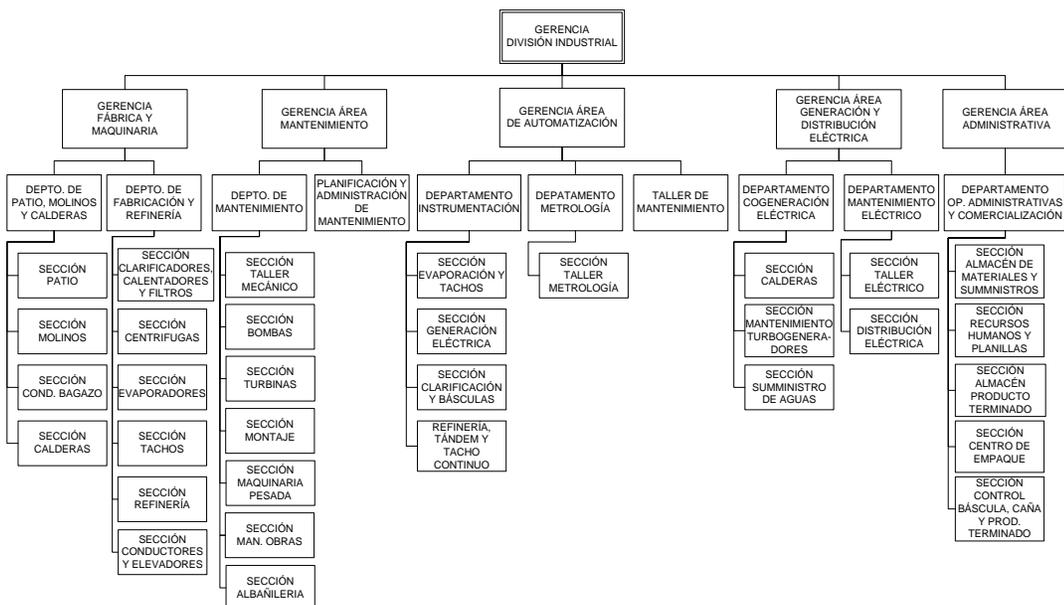
Es una División completamente de servicio, comprometida con todas las divisiones de la Corporación, a quienes asiste en sus necesidades en forma eficiente y oportuna, a través de una organización adecuada, utilizando recurso humano capacitado y tecnología para satisfacer a sus clientes.

e) División industrial

Se ocupa de la transformación de la caña de azúcar y otros insumos en productos de óptima calidad, administrando los recursos humanos, físicos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de los clientes nacionales e internacionales.

1.1.4.1 Organigrama de la Empresa

Figura 1. Organigrama grupo corporativo Santa Ana

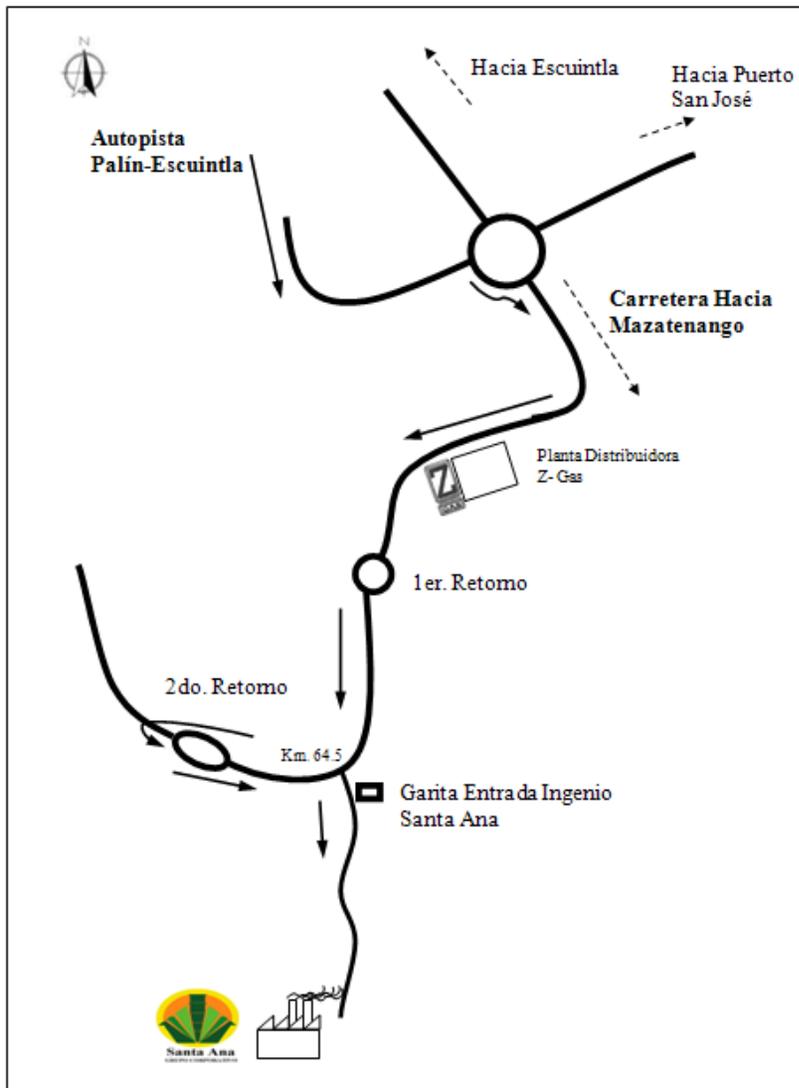


Fuente: División Recursos Humanos

1.1.5. Ubicación

Grupo Corporativo Santa Ana S. A. posee sus Oficinas Operativas donde se ubica el Ingenio Santa Ana en el Km. 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, en el interior de la finca Cerritos, Departamento de Escuintla.

Figura 2. Mapa de la ubicación de la empresa



2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL (PASOS PARA REALIZAR EL MEJORAMIENTO EN EL CONSUMO DE LUBRICANTES POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA Y LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS, EN LOS MOLINOS DEL TÁNDEM A Y TÁNDEM B)

El objetivo principal del presente capítulo es mostrar los pasos que se siguieron y técnicas que se implementaron para mejorar el consumo de lubricante de chumaceras de los molinos de caña de azúcar por tonelada de caña molida y los sistemas de lubricación.

2.1. Diagnostico de la situación actual

En la actualidad el Ingenio Santa Ana posee dos Tándem de molinos de caña de azúcar donde se tienen instalados dos sistemas principales de lubricación tipo Farval para cada tándem de molinos y dos sistemas auxiliares de lubricación tipo Lincoln para cada sistema principal, además, en el tándem de molinos A se cuenta con un equipo auxiliar tipo Farval. Para el tándem de molinos A se tienen un total 65 chumaceras en la red de lubricación que incluye 48 chumaceras de las mazas de molinos y 17 chumaceras ubicadas en las transmisiones. En el Tándem de Molinos B posee 44 chumaceras instaladas a la red de lubricación de dicho Tándem. Actualmente se utiliza la grasa 8031/6000 Mollub Alloy como lubricante de chumaceras de los molinos de caña de azúcar.

2.1.1. Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)

Se llevo a cabo un análisis en el área de molinos de caña de azúcar Tándem A y Tándem B del Ingenio Santa Ana, la información se obtuvo a través de entrevistas con los operarios y supervisores del área. Esta información fue determinante para la identificación de las causas posibles en el exceso de lubricante.

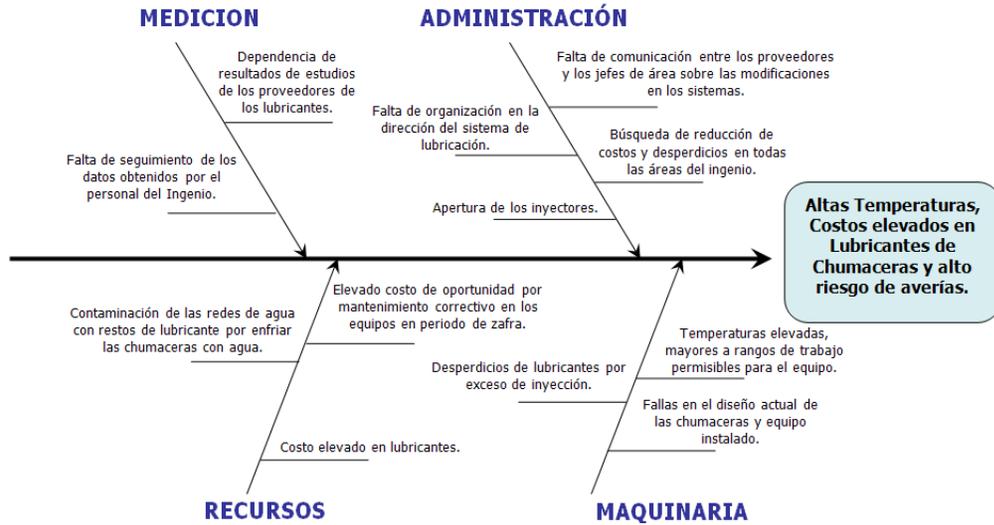
Las hojas de control de temperaturas actuales carecen del diseño para registrar factores como lo son la apertura de los inyectores o la aplicación de agua externa a las chumaceras como medio para enfriamiento.

Existe una falta de seguimiento a los datos obtenidos mediante el uso de las hojas de control de temperatura por el personal del Ingenio lo que conlleva a una dependencia a los datos y el análisis de ellos llevado a cabo por los proveedores de los lubricantes.

El costo del lubricante utilizado para las chumaceras de los molinos de caña de azúcar es elevado debido a sus propiedades y aditivos que lo hacen apropiado para este trabajo. Además de ello el costo de oportunidad por mantenimiento correctivo de los equipos en períodos de zafra es elevado, ya que detener un equipo significaría una reducción a la molienda y por ende una extensión del período total de molienda.

En el siguiente diagrama muestra el análisis de consumo de lubricantes en el área de extracción y molienda del Ingenio Santa Ana.

Figura 3. Diagrama causa-efecto (Ishikawa)



2.1.2. Controles actuales

Los controles actuales de los parámetros y la administración de los tiempos y ciclos de los sistemas de lubricación instalados son llevados a cabo por los técnicos enviados por el proveedor del lubricante en trabajo conjunto con los supervisores de molinos y encargados de molinos.

2.1.2.1 Inyectores

El control de la apertura de los inyectores es un trabajo conjunto entre el personal del ingenio y el equipo de técnicos del lubricante utilizado durante la zafra en las chumaceras de los molinos de caña, siendo ellos quienes regulan la apertura de los inyectores luego de haber hecho una revisión de las temperaturas de operación de las chumaceras y una revisión del estado externo de las mismas, sin embargo no existe un sistema de registros de los cambios realizados a las aperturas de los inyectores, lo que conlleva a no tener un

control sobre los cambios y los resultados de las variaciones de las aperturas en los inyectores.

2.1.2.2 Temperaturas de Chumaceras

La temperatura es un factor operativo que afecta directamente el rendimiento del lubricante utilizado en las chumaceras de molinos de caña de azúcar, siendo un valor muy variable que depende de agentes tales como: la carga del molino, la flotación de los molinos, la cantidad de lubricante inyectado, la película de lubricante en la chumacera, el agua de enfriamiento, el agua de lavado, y el ingreso directo de jugo de caña a la chumacera.

Las hojas actuales de control de temperaturas que se muestran en las figuras 4 y 5, fueron diseñadas para cada tándem por el personal del departamento de mantenimiento del ingenio y son utilizadas por los encargados de los molinos de turno llenando ellos una hoja por turno.

Figura 4. Hoja de control de temperatura Tándem de Molinos "A"

SANTA ANA - GRUPO CORPORATIVO
DIAGRAMA DE MOLINOS - TANDEM "A"
CHUMACERAS - CONTROL DE TEMPERATURAS EN °C

4TA	CA	SU	BAG	4TA	CA	SU	BAG	4TA	CA	SU	BAG	4TA	CA	SU	BAG	4TA	CA	SU	BAG	4TA	CA	SU	BAG
MOLINO 1 793-8881																							
MOLINO 2 793-8882																							
MOLINO 3 793-8883																							
MOLINO 4 793-8885																							
MOLINO 5 793-8886																							
MOLINO 6 793-8887																							

842-0002	842-0004	842-0006	842-0010	842-0012	842-0014
842-0001	842-0003	842-0005	842-0009	842-0011	842-0013
735-0359	735-0363	735-0370	735-0371	735-0047	735-0419
732-1259	732-1360	732-1252	732-1614	732-1363	732-1262

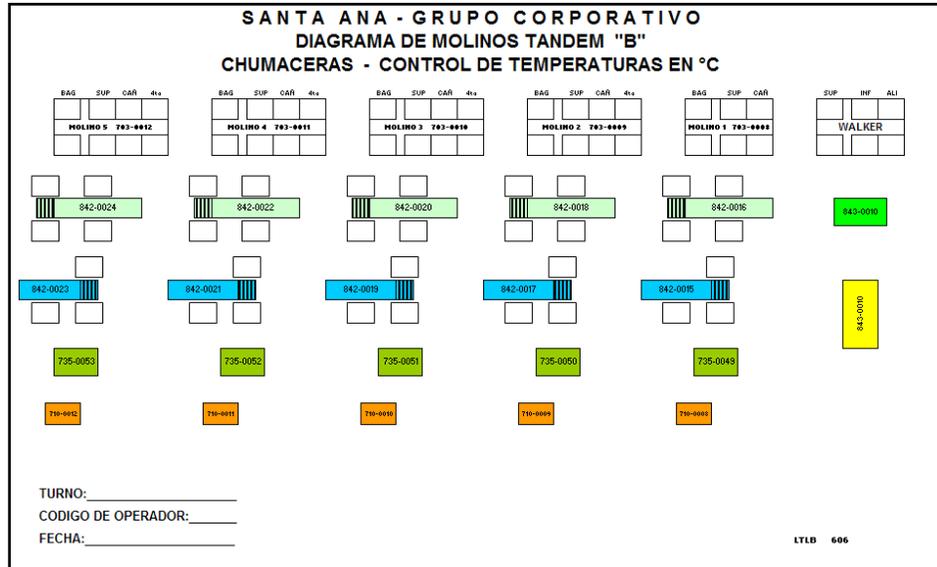
TURNO: _____
 CODIGO DE OPERADOR: _____
 FECHA: _____

LTLB 606

■ Lubricación FARVAL
■ Aceite Alpha 480

Fuente: Departamento maquinaria

Figura 5. Hoja de control de temperaturas Tándem de Molinos “B”



Fuente: Departamento maquinaria

2.1.2.3 Tiempos actuales de lubricación

El tiempo que se controla en un sistema de lubricación es el tiempo de espera entre cada ciclo de aplicación del lubricante. Para los sistemas de lubricación Farval y Lincoln utilizados en los tándem de molinos de caña de azúcar del Ingenio se establecen los valores de tiempo de espera mediante varios controladores series SS220 de fabricación Farval instalados en cada sistema de lubricación, estos controladores cuentan con un microprocesador programable como base el cual es el encargado de almacenar el valor del tiempo en minutos para ser utilizado por el sistema. Los cambios en los tiempos de lubricación son llevados a cabo por el personal técnico enviado por el proveedor del lubricante, quienes en trabajo conjunto con el supervisor de molinos realizan dichos cambios en los sistemas. Para el día 60 de zafra, el cual marca el inicio del control de consumo de los lubricantes para los molinos de caña de azúcar se tienen los tiempos de lubricación mostrados en la tabla I.

Tabla I. Tiempos iniciales en sistemas de lubricación

TÁNDEM A		TÁNDEM B	
TIEMPO ENTRE CICLOS	11 Minutos	TIEMPO ENTRE CICLOS	11 Minutos
TIEMPO DE OPERACIÓN	1.5 Minutos	TIEMPO DE OPERACIÓN	1.5 Minutos
TIPO DE CICLO	SIMPLE	TIPO DE CICLO	SIMPLE

Fuente: Departamento maquinaria

2.1.3. Información del personal encargado de la lubricación de las chumaceras

De manera general, el personal encargado del control de los sistemas de lubricación de chumaceras lo conforman: los jefes de operación de los molinos y de las calderas, el supervisor operativo de molinos y los encargados por turno de los molinos desempeñando estos últimos un trabajo de forma directa con el equipo en funcionamiento. Además de los mencionados se cuenta con la asesoría del personal técnico que trabaja para el proveedor del lubricante.

El llenado de hojas de registro de control de temperaturas es responsabilidad de los Encargados de los Molinos de cada tándem, siendo ellos quienes llenan dichos registros y los presentan al jefe operativo al finalizar su respectivo turno.

**Tabla II. Personal encargado de la lubricación en el área de molinos
Tándem de Molinos A y Tándem de Molinos B**

PERSONAL	FUNCIONES EN LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN
<p align="center">JEFE DE OPERACIONES DE PATIO DE CAÑA, MOLINOS Y CALDERAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisar a los encargados de los molinos y verificar el cumplimiento de sus actividades. - Velar por el correcto funcionamiento de los equipos de lubricación. - Aprobar cualquier cambio a ser realizado a los sistemas de lubricación.
<p align="center">JEFE DE MANTENIMIENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brindar apoyo de las actividades de mantenimiento correctivo. - Coordinar las actividades de mantenimiento preventivo de las unidades. - Asesoría en la toma de decisiones sobre el funcionamiento de los sistemas.
<p align="center">SUPERVISOR OPERATIVO DEL ÁREA DE MOLINOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Velar por el correcto funcionamiento de los equipos de lubricación. - Supervisión directa de los encargados de molinos de cada tándem. - Revisión regular del correcto funcionamiento de los equipos. - Coordinar cualquier actividad de mantenimiento correctivo a los equipos. - Supervisar cualquier actividad de mantenimiento y ajuste.
<p align="center">ENCARGADO DE MOLINOS T.A. Y ENCARGADO DE MOLINOS T.B.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el correcto funcionamiento de los equipos. - Verificar la correcta aplicación del lubricante a las chumaceras. - Informar de cualquier anomalía al supervisor de turno. - Realizar cualquier mantenimiento menor y ajuste.
<p align="center">AYUDANTE DEL ENCARGADO DE MOLINOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brindar apoyo al encargado en las tareas de verificación y mantenimientos menores de los sistemas.
<p align="center">REPRESENTANTE DEL PROVEEDOR DE LUBRICANTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brindar asesoría en la toma de decisiones sobre el funcionamiento de los equipos de lubricación. - Verificar el correcto funcionamiento de los equipos. - Verificar la existencia de lubricante en la bodega. - Sugerir cambios en los parámetros de los sistemas e inyectores.

2.1.4. Información de los sistemas de lubricación

A continuación se describen los sistemas de lubricación Farval, el sistema Lincoln y los componentes que forman parte de las redes de lubricación instaladas en el Ingenio.

2.1.4.1 Sistema de lubricación Farval

El sistema de lubricación Farval es una unidad de bombeo de servicio pesado diseñada para operación rigurosa en condiciones de industria pesada. Esta diseñada para suplir ya sea aceite o grasa hacia una gran cantidad de cojinetes en simples o múltiples aplicaciones de maquinaria usando una red cerrada de tuberías ya establecida. La bomba instalada y conectada junto al depósito de lubricante proporciona un caudal continuo mediante un accionamiento eléctrico.

Dos líneas principales de abastecimiento salen desde la unidad de bombeo, llegando a todas las válvulas inyectoras en el sistema y regresando hacia la válvula hidráulica de reversa de cuatro vías y controladora de presión formando con ello un sistema cerrado. La válvula de reversa dirige el lubricante bajo presión desde la bomba hacia las líneas de abastecimiento siendo la línea uno la de abastecimiento mientras la línea dos esta dirigida hacia el alivio. La bomba es requerida en la línea dos para generar suficiente presión para operar todas las válvulas inyectoras en el sistema antes que se llegue a la presión de trabajo en el final de la línea de retorno del sistema. Cuando en el final de la línea de retorno se llega a 600 libras de presión la válvula hidráulica de reversa se activa y cumple 2 acciones: Primero, el switch de doble carrera instalado en la válvula de reversa es activado y con ello desactiva el funcionamiento del motor de la bomba y completa el ciclo de lubricación. Segundo, la válvula de

reversa activa el flujo desde la bomba hacia la línea número dos para el próximo ciclo de lubricación y la línea número uno la activa hacia el alivio del sistema.

2.1.4.2 Sistema de lubricación Lincoln

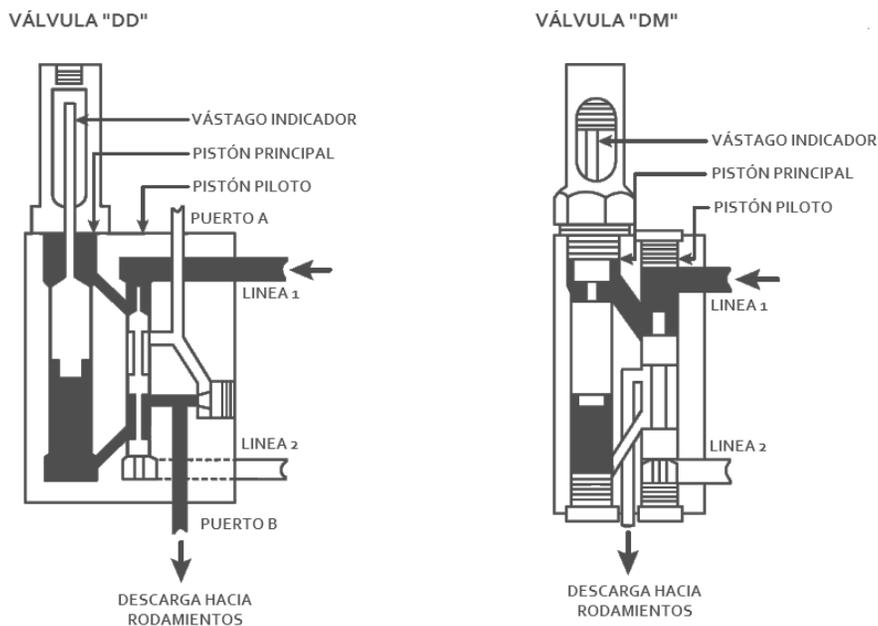
El sistema de lubricación Lincoln está compuesto por un motor neumático que funciona mediante presión de aire comprimido y por una bomba acoplada a este. El conjunto de motor-bomba se posiciona directamente sobre el barril de lubricante para luego conectarse a la red de lubricación para quedar en paralelo con el sistema de lubricación Farval. Este tipo de sistemas están diseñados para trabajo pesado en condiciones que se necesita elevar rápidamente la presión del sistema proporcionando un caudal intermitente del lubricante por lo que debe tener cuidado al asignar el valor del aire comprimido a utilizar siendo el valor adecuado 36 psi debido a que si se asigna un valor menor de 30 psi el motor no funciona adecuadamente y si se asigna un valor mayor de 40 psi el bombeo resulta ser muy rápido para que se dispense el lubricante en todas las chumaceras. Actualmente los sistemas Lincoln instalados en cada uno de los tándem de molinos sirven como respaldo de los sistemas Farval de cada tándem.

2.1.4.3 Inyectores

Los inyectores utilizados para la distribución de grasa son inyectores hidráulicos diseñados para el trabajo con grasa o aceite, siendo estos del tipo Farval series DD y series DM. Las válvulas poseen sólo dos piezas móviles las cuales son: un pistón piloto que sirve de descarga y un pistón principal que sirve como indicador; estos pistones se deslizan en el bloque de acero con una luz diametral entre sus paredes de aproximadamente 0.0002”.

El diseño y el conjunto de partes que conforman las válvulas series DM Y DD se muestra en la figura 6. Las válvulas DD están capacitadas para conectar dos puertos de descarga por sección de válvula, sin embargo, por un método de puenteo, se puede hacer que descargue solamente por un puerto. Mientras que, las válvulas series DM solo poseen un puerto de descarga por sección de válvula localizada en el fondo de la válvula.

Figura 6. Partes de válvulas inyectoras series “DM” y “DD”



Fuente: Boletín DL-600, Farval Lubrication Systems Inc.

El tamaño de las válvulas es una característica importante en su selección, ya que hace referencia a la cantidad de lubricante que es capaz de administrar cada inyector al equipo por ciclo, la tabla III muestra las capacidades de inyección de los modelos más comunes de las series DD y DM de lubricante.

Tabla III. Descargas y ajustes de lubricante por modelo de válvulas Farval series “DD” y “DM”

MODELO DE VALVULAS	DESCARGA POR MOVIMIENTO PISTON INDICADOR				Cambio en la descarga por vuelta del tornillo de ajuste del indicador		No. de revoluciones del tornillo de ajuste en el rango	Rango total de ajuste del tornillo en pulgadas
	Pulgadas Cúbicas		Onzas Fluidas		Plg ³	Onzas		
	Min.	Max.	Min.	Max.				
DD2X	0.006	0.036	0.003	0.020	0.0024	0.0013	17.5	0.45
DD5X	0.011	0.289	0.006	0.160	0.0114	0.0063	25.2	1.21
DM3X	0.012	0.072	0.007	0.040	0.0052	0.0029	11.25	9/16
DM4X	0.036	0.135	0.020	0.075	0.0072	0.0040	13.75	11/16
DM5X	0.075	0.306	0.042	0.170	0.0103	0.0570	22.5	1 1/8
DM6X	0.180	0.800	0.100	0.443	0.0330	0.0194	17.400	31/32

Fuente: Boletín DL-600, Farval Lubrication Systems Inc.

Ambos tipos de válvulas DD y DM vienen diseñadas en varios tamaños de válvulas y agrupadas en bloques de una, dos, tres o cuatro válvulas siendo su denominación la mostrada en las figuras 7 y 8 a continuación.

Figura 7. Nomenclatura válvulas series “DD”

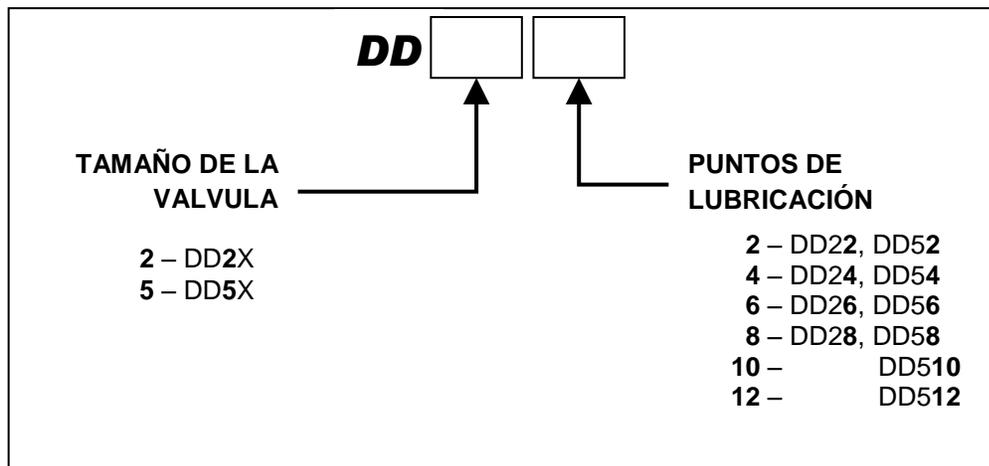
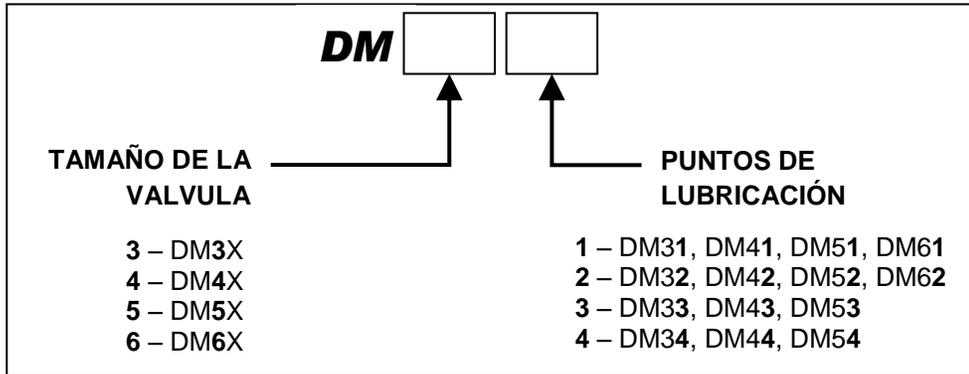


Figura 8. Nomenclatura válvulas series “DM”



Durante la zafra 2008-2009 se utilizaron válvulas de inyección de fabricación Farval, siendo en su mayoría del modelo DD distribuidos en los molinos de caña de azúcar según el tamaño y la necesidad de lubricante de las chumaceras.

Las capacidades teóricas de inyección de lubricante y la distribución de los inyectores utilizados durante la zafra 2008-2009 se presenta en las tablas IV y V. En dichas tablas se trabajaron los valores teóricos dados por el fabricante mostrados en la tabla III de descargas de lubricante en inyectores y la distribución actual de los inyectores en los molinos de caña de azúcar.

Tabla IV. Distribución de válvulas inyectoras de los sistemas centralizados de lubricación Tándem de Molinos B

MOLINOS	CHUMACERA	CANTIDAD DE CHUMACERAS INSTALADAS	PUNTOS DE LUBRICACIÓN	TIPO DE VÁLVULA INYECTORA	CANTIDAD INSTALADA DE VÁLVULAS	NÚMERO DE PUERTOS UTILIZADOS	VOLUMEN MÁXIMO DE DESCARGA
MOLINO WALKER	Maza alimentador	2	4	DD58			
	Maza Superior	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza inferior	2	4	DD58			
MOLINO No. 1	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
MOLINO No. 2	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 3	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 4	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 5	Maza Superior	2	4	DM62	2 DM62	4	3.2 plg ³
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	6	1.734 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			

TOTAL DE VOLUMEN INYECTADO A MÁXIMA DESCARGA POR CICLO	16.494 plg³
--	-------------------------------

Según la tabla IV la cantidad teórica de lubricante a descargarse con las máximas aperturas en los inyectores para el Tándem de Molinos B es de 16.49 pulgadas cúbicas que equivalen a 0.07 galones de lubricante por ciclo de inyección. Mientras que para el Tándem de Molinos A según la tabla V la cantidad de lubricante disponible para inyectar se estima en 27.25 pulgadas cúbicas que equivalen a 0.11 galones de lubricante por ciclo de inyección.

Tabla V. Distribución de válvulas inyectoras de los sistemas centralizados de lubricación Tándem de Molinos A.

MOLINOS	CHUMACERA	CANTIDAD DE CHUMACERAS INSTALADAS	PUNTOS DE LUBRICACIÓN	TIPO DE VÁLVULA INYECTORA	CANTIDAD INSTALADA DE VÁLVULAS	NÚMERO DE PUERTOS UTILIZADOS	VOLUMEN MÁXIMO DE DESCARGA
MOLINO No. 1	Maza Superior	2	4	DM62	2 DM62	4	3.2 plg ³
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	6	1.734 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 2	Maza Superior	2	4	DM62			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 3	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 4	Maza Superior	2	4	DM62	2 DM62	4	3.2 plg ³
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	6	1.734 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 5	Maza Superior	2	4	DD58			
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	8	2.312 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
MOLINO No. 6	Maza Superior	2	4	DM62	2 DM62	4	3.2 plg ³
	Maza Cañera	2	4	DD58	2 DD58	6	1.734 plg ³
	Maza Bagacera	2	4	DD58			
	4ta. Maza	2	2	DD58			
TRANSMISIÓN 842-0002	Chumacera # 3	2	2	DM62	1 DM62	2	1.6 plg ³
	Chumacera # 4	2	2	DM62	1 DM62	2	1.6 plg ³
TRANSMISIÓN 842-0004	Chumacera # 3	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
TRANSMISIÓN 842-0006	Chumacera # 1	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 2	1	1	DD52			
TRANSMISIÓN 842-0010	Chumacera # 1	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 2	1	1	DD52			
	Chumacera # 3	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 4	1	1	DD52			
TRANSMISIÓN 842-0011	Chumacera # 1	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 2	1	1	DD52			
	Chumacera # 3	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 4	1	1	DD52			
TRANSMISIÓN 842-0012	Chumacera # 3	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 4	1	1	DD52			
TRANSMISIÓN 842-0014	Chumacera # 1	1	1	DD52	1 DD52	1	0.289plg ³
	Chumacera # 2	1	1	DD52			

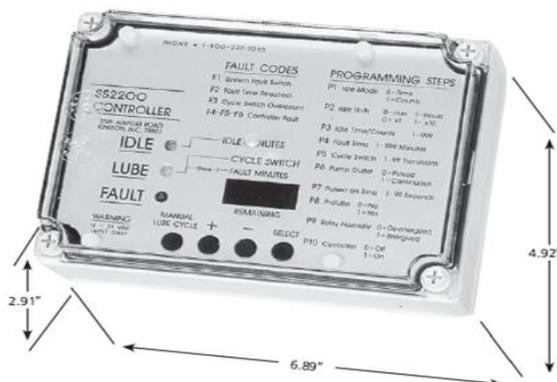
TOTAL DE VOLUMEN INYECTADO A MÁXIMA DESCARGA POR CICLO	27.25 plg³
--	------------------------------

En la tabla V que corresponde al Tándem de Molinos A se puede observar que algunas chumaceras de las transmisiones están conectados a la red de lubricación, esto debido a que poseen un diseño que trabaja sólo con lubricación centralizada.

2.1.4.4 Programación

Los sistemas de lubricación Farval y Lincoln son accionados mediante un controlador SS220 de fabricación Farval que cuenta con un microprocesador programable como base el cual esta conectado a un micro-switch ubicado en la válvula de reversa que envía señales. El controlador esta montado en una estructura de policarbonato con una cobertura transparente, por la cual se pueden ver los LED indicadores para el modo Iddle (espera), Lube (lubricación) and Fault (Falla), y una pantalla que muestra tres dígitos para programar y monitorear la operación del sistema. Mediante este controlador se pueden modificar valores como: tiempo de espera entre ciclo, tiempo de falla, tipo de ciclo a utilizar ya sea simple o doble y las unidades de medida para utilizar en minutos o en horas. La programación del controlador es realizada por el personal de mantenimiento del ingenio, utilizando para ello la hoja del procedimiento siguiendo lo establecido por el fabricante del dispositivo para las condiciones de operación de las redes de lubricación.

Figura 9. Controlador SS220



Fuente: Boletín SL2800, Farval Lubrication Systems Inc.

2.1.4.5 Lubricante

Para la zafra 2008-2009 se utilizó la Grasa Castrol Mollub Alloy 8031/6000 que es una grasa de múltiples-usos, con un grado NLGI 00 y una viscosidad ISO con valor de 6,000; es una grasa con base gel de aceite mineral diseñada para lubricar engranes abiertos fuertemente cargados, chumaceras a velocidades bajas con sistemas de lubricación centralizado. Esta grasa esta diseñada como sustituto de los productos asfálticos que anteriormente eran utilizados para lubricar las chumaceras de los molinos de caña de azúcar. Posee aditivos que le dan características de extrema presión (EP) e impermeabilidad, todo ello dentro de un rango de aplicación de -10° a 100°C . Un problema adjudicado a las grasas durante su trabajo dentro de las condiciones de alta presión, alta temperatura y contaminación es que generan taponamientos en los agujeros de entrada de lubricante lo que conlleva a una lubricación parcial o nula, siendo necesaria la utilización de sistemas portátiles de bombeo para destapar las entradas de lubricante.

2.1.4.6 Diseño de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar según su tipo.

Un molino convencional de 4 mazas como el mostrado en la figura 10 posee un total de 8 chumaceras distribuidas de la siguiente forma: 4 chumaceras del lado de la transmisión o también llamado lado corona y 4 chumaceras del lado libre también llamado lado espiga. El diseño de las chumaceras depende de dos factores: primero, el tamaño del muñón de la maza que soporta lo que esto define su largo y diámetro; y segundo, del lado en que se posicione dentro del molino debido a que esto define la dirección de las tuberías de entrada de agua de enfriamiento a la caja de la chumacera.

El área de molinos del Ingenio Santa Ana dispone de 2 Tándem de molinos de caña de azúcar, siendo estos el Tándem A y Tándem B.

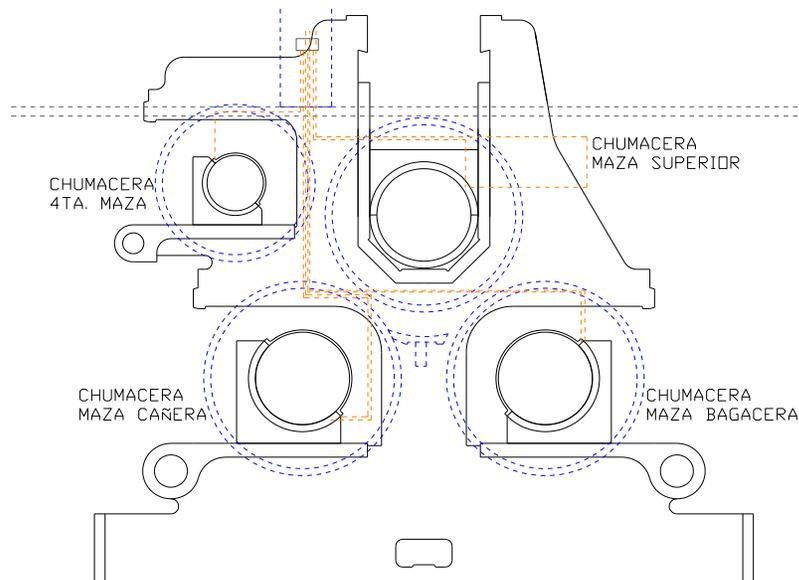
El tándem de molinos A cuenta con 6 molinos compuestos de 4 mazas cada uno. Todas las mazas del Molino 1 tienen un largo de 84 pulgadas. Las mazas superior, bagacera y cañera tienen 44 pulgadas de diámetro con rayado de 3 pulgadas y un tamaño en los muñones de 20 pulgadas de diámetro por 28 pulgadas de largo. El diámetro de la 4ta maza es de 34 pulgadas con un tamaño de los muñones de 12 pulgadas de diámetro por 28 pulgadas de largo.

Figura 10. Ejemplo molino de 4 mazas



**Chumacera
4ta maza**

**Chumacera
maza
superior**



**Chumacera
maza
cañera**

**Chumacera
maza
bagacera**



Las mazas del Molino 2 del Tándem A tienen un largo de 78 pulgadas. Las mazas superior, bagacera y cañera tienen 40 pulgadas de diámetro con rayado de 3 pulgadas y un tamaño en los muñones de 18 pulgadas de diámetro por 24 pulgadas de largo. El diámetro de la 4ta maza es de 34 pulgadas con un tamaño en sus muñones de 12 pulgadas de diámetro por 15 pulgadas de diámetro.

Las mazas de los Molinos del 3 al 6 Tándem A tienen un mismo largo de 76 pulgadas. Las mazas superior, bagacera y cañera tienen 39 pulgadas de diámetro con rayado de 2 pulgadas y un tamaño en los muñones de 17 pulgadas de diámetro por 22 pulgadas de largo. El diámetro de las 4ta mazas es de 34 pulgadas con un tamaño en sus muñones de 12 pulgadas de diámetro por 15 pulgadas de largo.

El Tándem de Molinos B tiene un total de 6 molinos que a diferencia del Tándem de Molinos A sus dos primeros molinos tienen un diseño de 3 mazas. El primer molino del tándem B es el molino Walker con tres mazas de 76 pulgadas por 34 pulgadas de diámetro: La maza superior e inferior tienen un tamaño en los muñones de 15 pulgadas de diámetro por 20 de largo y la tercera maza llamada alimentadora tiene un muñón de tamaño de 12 pulgadas de diámetro por 16 pulgadas de largo.

El segundo molino en el Tándem B llamado molino 1 tiene 3 mazas: una superior, una bagacera y una cañera; todas de 78 pulgadas de largo con muñones de 18 pulgadas de diámetro por 24 pulgadas de largo.

Los molinos del 2 al 5 son molinos de 4 mazas con tamaños de 78" de largo y muñones de 18 pulgadas de diámetro por 24 pulgadas de largo en las mazas superiores, cañeras y bagaceras. Las 4tas mazas poseen muñones de 12 pulgadas de diámetro por 15 pulgadas de largo.

2.1.4.7 Aplicación actual

La aplicación actual de la grasa Mollub Alloy 8031/6000 se lleva a cabo mediante el uso de inyectoras Farval series DD58, DD52, y DM62 distribuidos entre las diferentes chumaceras controladas por los sistemas. En el Tándem de

Molinos A se tienen dentro de los sistemas de lubricación un total de 17 chumaceras de transmisiones adicionales a las de los molinos; lo que eleva la capacidad instalada de consumo de lubricante respecto a la capacidad instalada del Tándem de Molinos B en un 65% de grasa inyectada por ciclo. Durante el inicio del período zafra es necesario suministrar una gran cantidad de lubricante con tiempos cortos entre ciclos debido a que los equipos necesitan un cierto tiempo para asentarse y poder con ello ajustar las superficies de los metales en contacto para poder eliminar deformaciones en los materiales y con ello funcionar de la mejor manera. El período de asentamiento de los equipos para la zafra 08-09 se puede estimar que abarca los primeros 9 días de zafra.

Es posible hacer un cálculo del rendimiento del lubricante, el consumo por toneladas de caña molida y una proyección del lubricante a utilizar mediante el uso de las siguientes fórmulas:

Rendimiento:

$$Rendimiento = \frac{N}{T} \left[\frac{Días}{Tonel} \right] \quad (1)$$

Donde:

N: Cantidad de días

T: Cantidad de toneles consumidos

Ritmo de consumo por toneladas de caña molida:

$$CTCM = \frac{T \times S}{TCM} \left[\frac{Lbs.}{Ton. caña molida} \right] \quad (2)$$

Donde:

CTCM: Consumo de lubricante por tonelada de caña molida

T: Cantidad de toneles consumidos

S: Capacidad de libras de lubricante por tonel

TCM: Cantidad de toneladas de caña molida

Proyección de consumo de lubricantes:

$$PCL = \frac{(CTCM) \times (PTCM - TCM)}{S} + T \quad [Tonel] \quad (3)$$

Donde:

PCL: Proyección del consumo de lubricante

CTCM: consumo de lubricantes por tonelada de caña molida.

PTCM: Proyección de toneladas de caña a moler

TCM: Cantidad de toneladas de caña molida

S: Capacidad de libras de lubricante por tonel

T: Cantidad de toneles consumidos

Las salidas del almacén de lubricante Mollub Alloy 8031/6000 realizadas hasta el día 60 de zafra son las siguientes:

Tabla VI. Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos A hasta el día 60 de zafra

DÍA ZAFRA	FECHA	COD_RECIBO	SALIDA (Lbs.)	TÁNDEM
MANTTO.	29/10/2008	532521	400	T. A.
1	17/11/2008	535929	400	T. A.
2	18/11/2008	536193	400	T. A.
5	21/11/2008	536633	400	T. A.
9	25/11/2008	537158	400	T. A.
13	29/11/2008	537641	400	T. A.
19	05/12/2008	538342	400	T. A.

26	12/12/2008	539132	400	T. A.
32	18/12/2008	539787	400	T. A.
35	21/12/2008	540150	400	T. A.
46	01/01/2009	540706	400	T. A.
46	01/01/2009	541041	400	T. A.
50	05/01/2009	541484	400	T. A.
56	11/01/2009	542095	400	T. A.
60	15/01/2009	542550	400	T. A.

De la tabla anterior se puede decir que para el día 60 de zafra en el Tándem de Molinos A se habían retirado de bodega un total de 15 toneles de grasa Mollub Alloy 8031/6000 de 400 libras cada uno; de los cuales sólo 1 tonel se utilizó para llenar los sistemas de lubricación ya que existía lubricante de la zafra 2007-2008 en los sistemas, 4 toneles para el período de asentamiento que abarcó los primeros 9 días de zafra. Durante este período hubo un total de 93436.54 toneladas de caña molida para el Tándem de Molinos A. Los restantes 10 toneles que corresponden a un período de 51 días de operación normal luego de haberse asentado el equipo. Se logro en este período una molienda acumulada de 578064.38 toneladas de caña para el Tándem de Molinos A.

Calculando el rendimiento del lubricante para el Tándem de Molinos A en días/tonel con la fórmula (1) en el período de asentamiento que abarcó los primeros 9 días de zafra donde se consumieron 4 toneles y se logró una molienda de 93436.54 toneladas de caña se tiene:

$$Rendimiento = \frac{9[\text{Días}]}{4[\text{Tonel}]}$$

$$Rendimiento = 2.25 \left[\frac{\text{Dias}}{\text{Tonel}} \right]$$

Calculando el consumo por toneladas de caña molida para el período de asentamiento que abarcó los primeros 9 días de zafra con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{4[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{93436.54[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.017123922 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Esto significa que para el período de asentamiento el rendimiento promedio de cada tonel de lubricante fue de 2.25 días para consumir un tonel. Además el consumo de lubricante fue de 0.017 libras por cada tonelada de caña molida durante este período siendo estos valores altos pero aceptados debido a la necesidad de obtener un buen asentamiento en las piezas.

Calculando el rendimiento del lubricante para el Tándem de Molinos A en días/tonel con la fórmula (1) en el período de 51 días de zafra posteriores al asentamiento donde se consumieron 10 toneles y se logro una molienda de 484627.84 toneladas de caña en ese período de días se tiene:

$$Rendimiento = \frac{51[\text{Días}]}{10[\text{Tonel}]}$$

$$Rendimiento = 5.10 \left[\frac{\text{Días}}{\text{Tonel}} \right]$$

Calculando el consumo por toneladas de caña molida para el período del día 10 al 60 de zafra con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{10[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{484627.84[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.008253756 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Los resultados muestran que para el período de 51 días posteriores al asentamiento el rendimiento promedio de cada tonel de lubricante mejoró respecto al obtenido en el período de asentamiento, siendo éste de 5.10 días para consumir un tonel. Además el consumo de lubricante disminuyó a 0.0082 libras por cada tonelada de caña molida durante este período. Estos valores son representativos de un consumo alto de lubricante, lo que aumenta la cantidad de lubricante necesario a comprar para finalizar la zafra, lo cual se explica más adelante.

Tabla VII. Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem de Molinos B hasta el día 60 de zafra

DÍA ZAFRA	FECHA	COD_RECIBO	SALIDA (Lbs.)	TÁNDEM
MANTTO.	29/10/2008	532524	400	T. B.
1	17/11/2008	535928	400	T. B.
3	19/11/2008	536298	400	T. B.
6	22/11/2008	536762	400	T. B.
10	26/11/2008	537311	400	T. B.
17	03/12/2008	538055	400	T. B.
26	12/12/2008	539200	400	T. B.
34	20/12/2008	540047	400	T. B.
48	03/01/2009	541260	400	T. B.
55	10/01/2009	541995	400	T. B.

Para el día de zafra 60 en el Tándem de Molinos B se habían retirado de bodega un total de 10 toneles de grasa Mollub Alloy 8031/6000 de 400 libras cada uno; de los cuales se utilizó 1 tonel para el llenado del sistema, ya que había lubricante de la zafra 2007-2008 en los sistemas, 3 toneles para el período de asentamiento del equipo que corresponde a los primeros 9 días de zafra, y por último se consumieron 6 toneles para el período de 51 días de operación normal posteriores al asentamiento.

De lo anterior se puede calcular el rendimiento del lubricante para el Tándem de Molinos B en días/tonel con la fórmula (1) en el período de asentamiento que abarcó los primeros 9 días de zafra donde se consumieron 3 toneles y se logro una molienda de 55214.96 toneladas de caña se tiene:

$$Rendimiento = \frac{9[\text{Días}]}{3[\text{Toneles}]}$$

$$Rendimiento = 3.00 \left[\frac{\text{Dias}}{\text{Tonel}} \right]$$

Calculando el consumo por toneladas de caña molida para el período de asentamiento que abarcó los primeros 9 días de zafra con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{3[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{55214.96[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.02173324 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Calculando el rendimiento del lubricante para los molinos Tándem B en días/tonel con la fórmula (1) en el período de 51 días de zafra posteriores al

asentamiento donde se consumieron 6 toneles y se logro una molienda de 382084.67 toneladas de caña en ese período de días se tiene:

$$Rendimiento = \frac{51[\text{Días}]}{6[\text{Toneles}]}$$

$$Rendimiento = 8.50 \left[\frac{\text{Dias}}{\text{Tonel}} \right]$$

Para el período de asentamiento el rendimiento promedio de los toneles de lubricante fue de 8.50 días para consumir un tonel. Además el consumo de lubricante fue de 0.021 libras por cada tonelada de caña molida durante este período siendo estos valores altos pero aceptados debido a la necesidad de obtener un buen asentamiento en las piezas.

Calculando el consumo por toneladas de caña molida para el período del día 10 al 60 de zafra con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{6[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{382084.67[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.00628133 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Los resultados muestran que para el período de 51 días posteriores al asentamiento para el Tándem de Molinos B el rendimiento promedio de cada tonel de lubricante mejoró respecto al obtenido en el período de asentamiento, siendo éste de 8.50 días para consumir un tonel. Además el consumo de lubricante disminuyo a 0.0062 libras por cada tonelada de caña molida durante este período. Al igual que para el Tándem de Molinos A estos valores representan un consumo alto de lubricante, lo que aumenta la cantidad de lubricante necesario a comprar para finalizar la zafra.

Debido a que durante el período de zafra se maneja con cantidades de caña disponible para moler, los datos de consumo de lubricante por tonelada de caña molida son importantes ya que con ellos se puede hacer una estimación de la proyección del lubricante a ser utilizado.

Es posible hacer un cálculo de la cantidad de lubricante necesaria para terminar la zafra utilizando el consumo de lubricante por tonelada de caña molida; si para el día 60 de zafra se había molido un total de 578,064.38 toneladas de caña de 1.450,000 toneladas de caña estimadas para moler durante la zafra 08-09 para el tándem A y 437,299.63 toneladas de caña de 1.100,000 toneladas de caña estimadas para moler durante la zafra 08-09 para el Tándem B. El consumo de lubricante para los 60 primeros días de zafra fue de 15 toneles de grasa para el Tándem de Molinos A con un consumo de lubricante de 0.008253756 libras por tonelada de caña molida y 10 toneles de grasa para el Tándem de Molinos B con un consumo de lubricante de 0.00628133 libras por tonelada de caña molida.

La proyección del consumo de lubricantes para el resto de días de zafra respecto a los consumos de lubricante por tonelada de caña molida y el uso de las fórmulas (2) y (3) es el siguiente:

Proyección del consumo de lubricantes para el Tándem de Molinos A.

$$PCL_{\text{Tándem A}} = \frac{\left(0.008253756 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. Caña Molida}}\right]\right) \times (1.45E6 - 578,064.38)[\text{Ton. Caña a moler}]}{400 \frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}}} + 15[\text{Toneles}]$$

$$PCL = 32.99 \text{ [Toneles de 400 lbs]}$$

Se estima un consumo de 33 toneles de 400 libras de lubricante para el Tándem de Molino A.

Proyección del consumo de lubricantes para el Tándem de Molinos B.

$$PCL_{Tándem B} = \frac{\left(0.00628133 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. Caña Molida}}\right]\right) \times (1.1 \text{ E6} - 437,299.63)[\text{Ton. Caña a moler}]}{400 \frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}}} + 10[\text{Tonel}]$$

$$PCL = 20.40 \text{ [Toneles de 400 lbs]}$$

Se estima un consumo de 21 toneles de 400 libras de lubricante para el Tándem de Molinos B.

La cantidad proyectada de lubricante para consumo en los Tándem de Molinos A y Tándem de Molinos B para el resto de la de zafra 08-09 utilizando el ritmo de consumo actual es de:

$$PCL_{Total} = PCL_{Tándem A} + PCL_{Tándem B} \quad (3)$$

$$PCL_{Total} = 32.99 \text{ [Toneles]} + 20.40[\text{Toneles}]$$

$$PCL_{Total} = 53.39 \text{ [Toneles]}$$

Con los datos de consumos analizados se estima un total de 54 toneles de lubricante al terminar la zafra 08-09.

2.1.4.8 Análisis de mantenimiento

Durante el período de zafra el mantenimiento realizado a los sistemas de lubricación y a los inyectores de lubricante instalados es del tipo correctivo

llevándose a cabo cada vez que alguno de los elementos de los sistemas de lubricación no funcione y por lo tanto se tiene un tiempo muerto en dicho dispositivo para su mantenimiento. Por otro lado, no se cuenta con hojas de inspecciones a los equipos, las cuales deben de realizarse de manera constante en los sistemas de lubricación, debido a que son sistemas que cuando entran en funcionamiento lo hacen de manera continua bajo elevadas presiones de trabajo.

2.1.4.9 Análisis de costos

La finalidad de esta etapa es analizar mediante la información recopilada los diferentes costos incurridos en el mantenimiento de los sistemas de lubricación y la aplicación de lubricante a las chumaceras de los molinos de caña.

- **Análisis de costos de mantenimiento**

Debido a que el mantenimiento aplicado a los sistemas de lubricación es de naturaleza correctiva los costos de los insumos asignados y utilizados para realizar las reparaciones no son regulados, siendo estos valores de costos de mantenimiento un dato que depende directamente del equipo a corregir.

- **Análisis de costos de lubricación**

El precio promedio de la grasa actualmente utilizada para la lubricación de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar es de \$.4.125 USD¹ por libra de grasa.

¹ Dato proporcionado en USD según sistema de compras.

Con los datos de consumo de lubricantes por tonelada de caña molida para el Tándem de Molinos A y el Tándem de Molinos B se puede estimar el costo de lubricación por tonelada de caña molida:

Costo de Lubricante por tonelada de caña molida para el Tándem A:

$$\text{Costo de Lubricación} = \text{Precio de Lubricante} \times \text{CTCM}$$

$$\text{Costo de Lubricación}_{\text{Tándem A}} = 4.125 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Lbs}} \right] \times 0.008253756 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

$$\text{Costo de Lubricación}_{\text{Tándem A}} = 0.034 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Costo de Lubricante por tonelada de caña molida para el Tándem B:

$$\text{Costo de Lubricación}_{\text{Tándem B}} = 4.125 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Lbs}} \right] \times 0.00628133 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

$$\text{Costo de Lubricación}_{\text{Tándem B}} = 0.0259 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

El costo de lubricar las chumaceras de los molinos de caña de azúcar es de \$0.034 centavos por tonelada de caña molida para el Tándem A y \$0.0259 centavos por tonelada de caña molida para el Tándem B. Tomando en cuenta que la capacidad diaria de molienda es de 10,500 y 8,500 toneladas de caña para el Tándem A y B respectivamente.

Costo de Lubricación Diaria

$$= 0.034 \left[\frac{\text{USD}}{\text{TCM}} \right] \times 10,500[\text{TCM}] + 0.0259 \left[\frac{\text{USD}}{\text{TCM}} \right] \times 8,500[\text{TCM}]$$

Costo de Lubricación Diaria = 577.15 [USD]

Esto quiere decir que el costo diario en lubricante de chumaceras de molinos es de \$577.15 dólares.

2.2. Propuesta de mejora

En esta etapa se evalúa la información que se obtuvo en el análisis de la situación actual, se describen los cambios y se enumeran propuestas necesarias para conseguir una mejora.

2.2.1 Aplicación de lubricante en Chumaceras de los molinos

Durante el funcionamiento de toda chumacera de un molino se espera que las consecuencias de la transformación y liberación de energía en forma de calor sea tan poca como sea posible, es decir, reducir las fallas recurrentes como: el desgaste, el rayado de las superficies, la fractura y quemaduras; además, disminuir el sobrecalentamiento frecuente y la exigencia del uso de agua como medio de enfriamiento externo.

Es posible que la lubricación pueda ser realizada por medio de aceite o grasa, tomando en cuenta que las características propias de cada lubricante cumpla con las condiciones de: altas cargas con bajas velocidades, propiedades para ser bombeadas mediante sistemas automáticos, alto desempeño frente a la presencia de contaminantes externos y buen rendimiento ante elevadas temperaturas de operación.

En el caso de las mazas superiores y algunas mazas inferiores debido a que no se puede usar una sola pieza ajustada al muñón conformada por 2 tejas de bronce unidas, la partición y las holguras radiales de las chumaceras permite el ingreso de contaminantes que deterioran la película de lubricante generando altas temperaturas y rayaduras en las superficies del muñón y de la chumacera. Para la solución de dicho problema recomiendan el uso de sellos mecánicos, empaques de fieltro o de cubiertas de hule; aunque se utilice alguno de los dispositivos mencionados su uso no garantiza la total impermeabilidad del equipo debido a las condiciones de trabajo continuo desempeñado por un molino durante la zafra donde la revisión y mantenimiento a estos elementos de sellado se ve limitado por su difícil acceso.

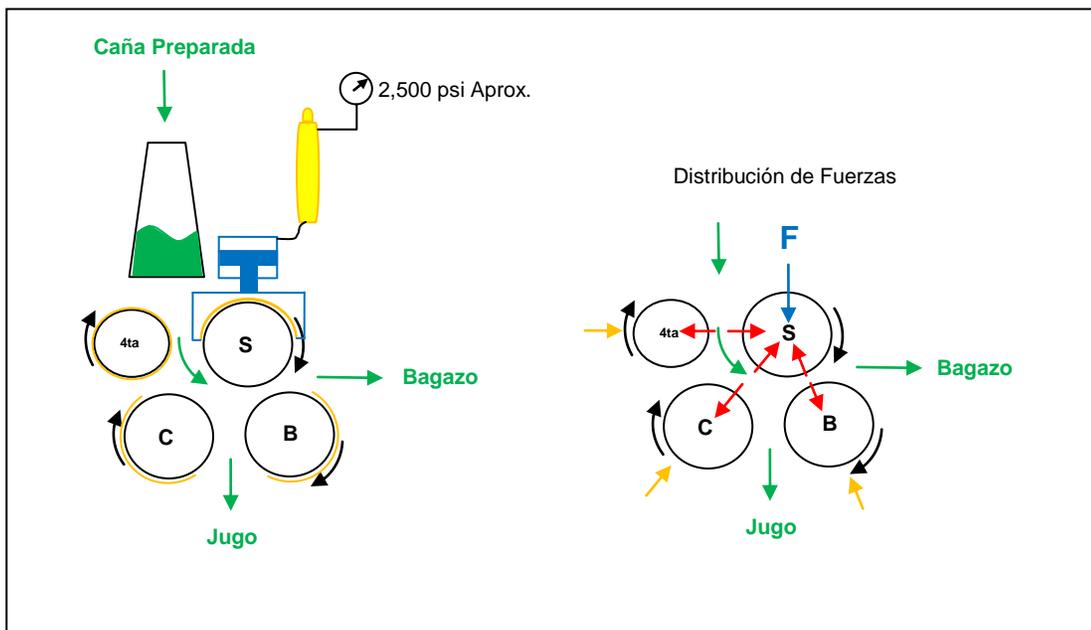
2.2.1.1 Análisis mecánico de las chumaceras y los molinos.

Las chumaceras de los molinos de caña por su función dentro de los molinos son las encargadas de soportar las cargas y esfuerzos aplicados desde y hacia las mazas de los molinos; esas fuerzas son generadas en las compresiones de la caña de azúcar y por los sistemas hidráulicos de los cabezotes.

El proceso de extracción de jugo inicia con el movimiento del colchón de caña de azúcar preparado previamente hacia el primer molino. Este colchón es recibido en un molino de cuatro mazas de manera vertical y uniforme entre el espacio formado por la 4ta maza y la maza superior realizándose en ese momento la primera compresión, luego se direcciona el movimiento del colchón de caña con la ayuda de cuchillas instaladas entre las mazas hacia la segunda compresión y la tercera compresión sucesivamente. La segunda compresión se lleva a cabo entre la maza cañera y la maza superior; por último, la tercera compresión se realiza entre la maza bagacera y la maza superior.

Durante el proceso de extracción es necesario aplicar una fuerza F a los muñones de las mazas superiores para mejorar la extracción, dicha fuerza es transmitida hacia los muñones por medio de las chumaceras de bronce. En la figura 11 se describe la fuerza F como aquella realizada por un acumulador hidráulico conectado al cabezote del molino compuesto por un pistón que recibe la presión del acumulador; la presión es del acumulador hidráulico es previamente calibrada a una presión de 2,000 a 3000 psi según lo establecido para la operación del molino.

Figura 11. Diagrama de fuerzas en un molino de 4 mazas



$$F = P \times A$$

Donde:

- F: Fuerza aplicada a la chumacera
- P: Presión hidráulica
- A: Área del pistón del cabezote

Si la presión hidráulica dentro del acumulador es 2,500 psi y el diámetro del pistón dentro del cabezote es de 13 pulgadas la fuerza ejercida sobre la superficie de la chumacera superior es de:

$$F = 2,500 [psi] \times \frac{\pi \times (13[plg])^2}{4}$$
$$F = 331,830.72 [Lbs.]$$
$$F \cong 165 [Ton]$$

La fuerza aplicada a sobre la chumacera superior de un molino con un acumulador calibrado a 2,500 psi y un pistón en el cabezote con diámetro de 13 pulgadas es de 165 toneladas aproximadamente. Estos valores varían dependiendo de los diámetros de los pistones de los cabezotes y de los ajustes de los acumuladores según lo indicado en el diseño de cada molino.

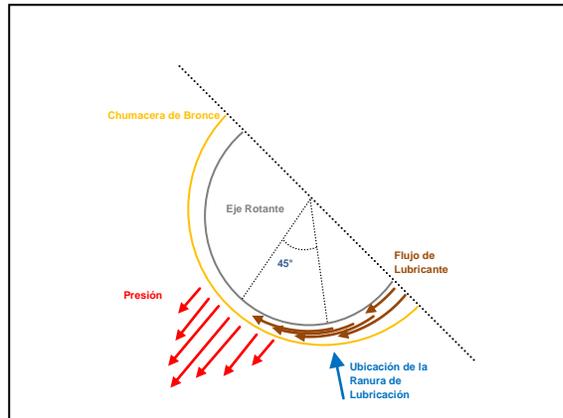
2.2.1.2 Diseños de ranuras de lubricación

Según el tipo y diseño de la chumacera así es el diseño de su respectiva ranura de lubricación siendo la ubicación de esta dependiente de los esfuerzos generados en la superficie de contacto con el muñón de la maza que soporta. Las ranuras de lubricación deben hacerse por una traza siguiendo una generatriz, a 45°, aproximadamente, delante de la zona de presión máxima y que se termina en bisel en el sentido del movimiento², esto se muestra en la figura 12; esta ranura mas acentuada en su centro que en sus extremidades. Debiendo variar lo anterior mencionado en casos donde el diseño de la chumacera tenga los ingresos ya establecidos en una posición desde su fabricación, donde se dificulte la instalación de los ingresos de lubricación por los costados de la chumacera y cuando se dificulte el barrenado de los

² E. Hugot, Manual para Ingenieros Azucareros, Pág. 218

conductos internos que comunican la ranura de lubricación con los conectores por donde ingresa el lubricante.

Figura 12. Ubicación de la ranura de lubricación



El diseño de una ranura acentuada al centro asegura una mejor lubricación basándose en el efecto generado por las presiones del muñón y la chumacera donde el lubricante inyectado tiende a ser empujado hacia los bordes. Es recomendable evitar hacer canales de lubricación en las zonas de máxima presión porque se consumiría mucho aceite y la lubricación sería defectuosa al no poder formarse una película que cubra toda la chumacera.

En base a lo anterior mencionado, las figuras 13, 14 y 15 representan un ejemplo de las ranuras de lubricación para tejas de bronce de chumaceras de 22 pulgadas de largo por 8.5 pulgadas de radio. Se aconseja que las ranuras de lubricación para las tejas de bronce de las chumaceras bagaceras y cañeras sean ubicadas a una distancia no menor a 4.5 pulgadas del borde de la teja debido a que no es posible barrenar a mayor profundidad sin disminuir la pared del bronce aunque esto ocasione un mayor grado de separación entre la zona de presión máxima y la ranura de lubricación. Mientras que para las tejas de bronce de las chumaceras superiores la creación de las ranuras de

lubricación se facilita ubicarlas dentro del rango óptimo debido a que los conectores de lubricante se encuentran instalados a los costados de la teja.

Figura 13. Tejas de bronce de la maza cañera

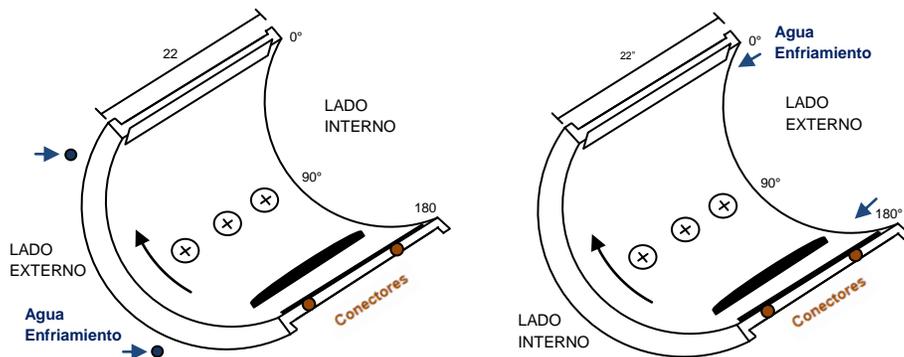


Figura 14. Tejas de bronce de la maza bagacera

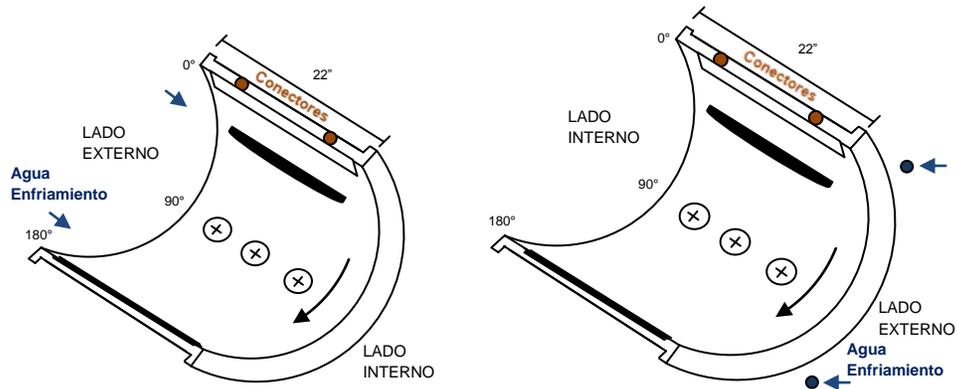
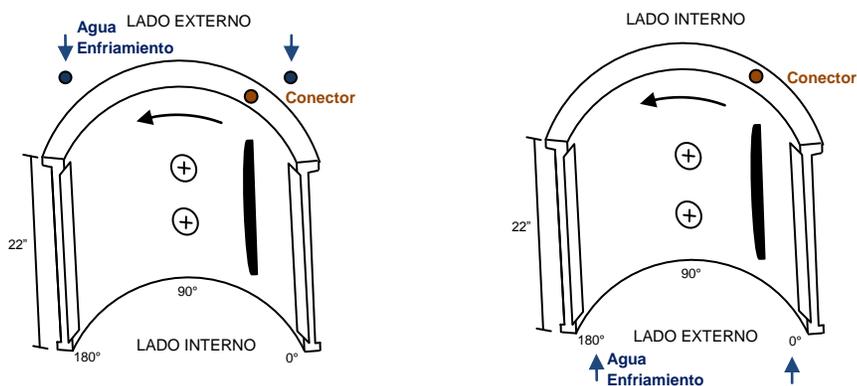


Figura 15. Tejas de Bronce de la maza superior

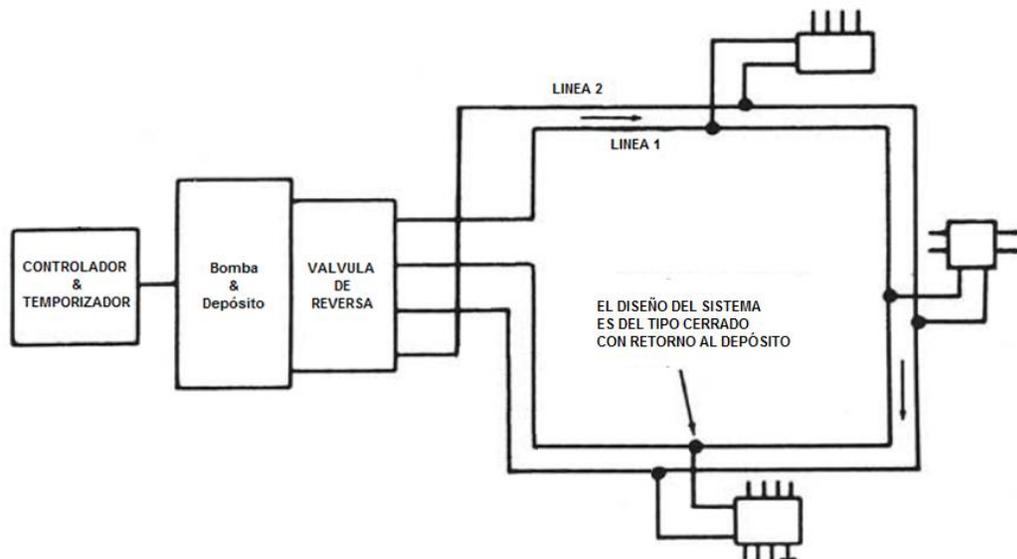


2.2.2 Análisis de la red de lubricación de los Tándem A y Tándem B

El Ingenio cuenta como base en sus sistemas de lubricación de chumaceras centralizados el principio del sistema cerrado de doble línea de Farval en el Tándem A y B. Este principio se basa en el uso de 2 líneas paralelas de tuberías en cuyos interiores se transporta lubricante; las líneas activan su flujo de manera alternante mediante una válvula de reversa controlada por un dispositivo electrónico previamente configurado.

En la figura 16 se muestra el esquema simplificado de lo que consiste un sistema cerrado Dual de Farval.

Figura 16. Diagrama del sistema de lubricación



Fuente: Boletín DL-600, Farval Lubrication Systems Inc.

2.2.3 Estructura para implementar el sistema de control de registro de temperaturas

Para poder llevar a cabo la aplicación de un sistema de control de una actividad definida dentro de un proceso es necesario hacer uso de un conjunto de componentes que estén involucrados en dicho proceso y que permitan la regulación del comportamiento del mismo. Debido a que la actividad analizada se trata del tema de lubricación, el sistema de control se debe basar en variables operacionales de la lubricación con el fin de analizarlas y generar criterios para luego aplicar cambios correspondientes en beneficio del sistema.

2.2.3.1 Recolección y análisis de información

El sistema de control está diseñado para que la información contenida en los registros de temperaturas pueda ser recabada por los encargados de la operación de cada tándem de molinos y presentarse a la jefatura, con una temporalidad adecuada, y poder tomar así las decisiones adecuadas que solucionen los problemas o fortalezcan las ventajas que se posean.

Mientras más cortos sean los períodos de realización de los registros, se recibirá mejor calidad de información, se sugiere que la realización de los registros se lleve a cabo de preferencia 2 registros por turno de 8 horas. Además, se sugiere que se realice por al menos una actualización diaria de las hojas electrónicas de MS Excel de control de temperaturas para actualizar los registros diarios de operación, las gráficas de temperaturas y analizar tendencias en las temperaturas y consumos.

2.2.3.2 Establecimiento de rutas y puntos de toma de mediciones

La toma de temperaturas de operación de las chumaceras se puede realizar mediante el uso de un termómetro infrarrojo tipo pistola del tipo mostrado en la figura 17; con el uso de este equipo es posible la medición de temperaturas dentro de un rango que abarca una distancia segura entre el operador y el equipo en movimiento. Mediante este dispositivo electrónico de medición es posible obtener valores de temperaturas muy acertados de la zona a la cual se apunta.

Figura 17. Medidor Infra-rojo de temperatura tipo pistola.



Fuente: Raytek Company.

De acuerdo a la ubicación de los accesorios en un molino en operación, las áreas expuestas a los costados del mismo para realizar un escaneo de temperatura a las chumaceras es en ocasiones limitado, sin embargo, dentro de estas áreas expuestas se pueden establecer ciertos puntos o zonas donde los valores de las temperaturas resultantes de los esfuerzos ocasionados por el rozamiento entre ejes y chumaceras llegan a sus valores máximos como se muestra en la figura 18. Tomando en cuenta la ubicación de las zonas de

mayor temperatura se establecieron las rutas de toma de temperatura como la mostrada en la figura 19, figura 20 y figura 21 que corresponde a la ruta del Tándem de Molinos A.

Figura 18. Zonas de toma de temperatura

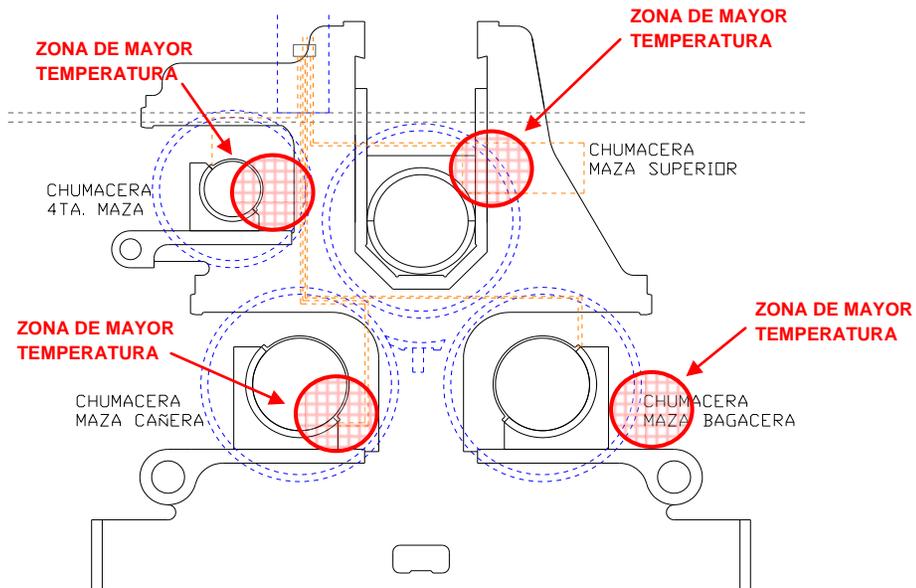


Figura 19. Ruta de toma de temperaturas Tándem de Molinos A



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
ÁREA DE MOLINOS DIVISIÓN INDUSTRIAL

RUTA DE TOMA DE TEMPERATURAS TÁNDEM A
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURAS

- **Pasillo segundo nivel Tándem de Molinos A**
- **Revisión de tiempos de ciclo y presión de operación**
 - ◆ Toma de temperaturas lado espiga
 - ✓ Molino # 1
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 2
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 3
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 4
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 5
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 6
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ◆ Toma de temperaturas lado corona
 - ✓ Molino # 6
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 5
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 4
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 3
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 2
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior
 - ✓ Molino # 1
 - Chumacera 4ta. Maza
 - Chumacera Superior

**Figura 20. Ruta de toma de temperaturas Tándem de molinos A
(continuación)**

- **Pasillo primer nivel Tándem de Molinos A**
 - ◆ Toma de temperaturas lado Corona
 - ✓ Molino # 1
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 2
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 3
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 4
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 5
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 6
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ◆ Toma de temperaturas lado corona
 - ✓ Molino # 6
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 5
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 4
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 3
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 2
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
 - ✓ Molino # 1
 - Chumacera Bagacera
 - Chumacera Cañera
- **Área de reductores y transmisiones del Tándem de Molinos A**
 - ◆ Toma de temperaturas lado espiga
 - ✓ Molino # 1
 - Chumaceras transmisión de baja
 - ✓ Molino # 2
 - Chumaceras transmisión de baja
 - Chumaceras transmisión intermedia
 - ✓ Molino # 3
 - Chumaceras transmisión de baja
 - Chumaceras transmisión intermedia

**Figura 21. Ruta de toma de temperaturas Tándem de Molinos A
(continuación)**

✓ Molino # 4
Chumaceras transmisión de baja
✓ Molino # 5
Chumaceras transmisión de baja
Chumaceras transmisión intermedia
✓ Molino # 6
Chumaceras transmisión de baja
Chumaceras transmisión intermedia

2.2.4 Control y registro

El sistema de control permite la mejora en el aprovechamiento de los insumos de lubricante, por medio de la verificación continua de la eficacia con que se lleva a cabo la operación reflejada en las temperaturas, también es un sistema que permite prevenir y comprender las posibles fallas que se presenten en la misma. El monitoreo periódico derivado de la actividad del registro de temperaturas permite detectar fenómenos como derrames de lubricante, contaminación de las chumaceras, excesos de temperatura, etc., y de este modo facilita el desarrollo de estrategias para programar y tratar estos sucesos, reduciendo la necesidad del mantenimiento correctivo. Es también una herramienta útil para planificar las nuevas modernizaciones y expansiones necesarias en los sistemas de lubricación. Por lo tanto, la implementación del sistema de control ayuda a fortalecer el correcto uso de los lubricantes y prevenir posibles condiciones irregulares en los sistemas de lubricación; de suceder alguna, subsanar la misma a la brevedad posible, con el fin de hacerlo de la manera adecuada.

A continuación se describen los principales elementos necesarios del sistema de control de las temperaturas de operación de los sistemas de lubricación, y se describen las actividades básicas en las que deben de consistir cada uno.

2.2.4.1 Hojas de control de temperaturas por turno.

Se rediseñaron las hojas utilizadas por los operadores de los Tándem de Molinos A y B para el reporte de temperaturas de las chumaceras con el objetivo de aumentar su capacidad de almacenar datos, siendo la distribución física de los equipos, así como el orden de los inyectores de grasa la base para el diseño.

Los factores tomados en cuenta para añadir a las hojas anteriores fueron: la aplicación y el seguimiento de agua externa para enfriamiento, el valor de la apertura de los inyectores instalados, la temperatura ambiente, el tiempo de aplicación o el tiempo de bombeo hasta alcanzar la presión del sistema y el tiempo de descanso o tiempo entre ciclos en los sistemas de lubricación.

El diseño es el siguiente para el Tándem de Molinos A mostrado en la figura 22 y el diseño para Tándem de Molinos B mostrado en la figura 23.

Figura 22. Hoja de Control de Temperaturas de Chumaceras Tándem de Molinos A

CONTROL DE TEMPERATURAS DE CHUMACERAS DE MOLINOS		TANDEM "A"		SANTA ANA GRUPO CORPORATIVO	
<p style="text-align: center;">LADO ESPIGA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG SUP 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 1 703-0001</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>CAÑ 4TA SUP BAG</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG SUP 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 2 703-0002</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>CAÑ 4TA SUP BAG</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG SUP 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 3 703-0003</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>CAÑ 4TA SUP BAG</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG SUP 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 4 703-0004</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>CAÑ 4TA SUP BAG</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG SUP 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 5 703-0005</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>CAÑ 4TA SUP BAG</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP BAG 4TA CAÑ</p> <p>MOLINO 6 703-0006</p> <p>4TA CAÑ SUP BAG</p> <p>INYECTORES</p> <p>SUP CAÑ 4TA BAG</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">LADO CORONA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0002</p> <p>842-0001</p> <p>735-0359</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0004</p> <p>842-0003</p> <p>735-0369</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0006</p> <p>842-0005</p> <p>735-0370</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0010</p> <p>842-0009</p> <p>735-0371</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0012</p> <p>842-0011</p> <p>735-0047</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0014</p> <p>842-0013</p> <p>735-0419</p> </div> </div>					
COD. OPERADOR: NOMBRE: TURNO: FECHA: HORA: TEMP. AMBIENTE:		INSTRUCCIONES: Haga un círculo en la chumacera que tenga agua; Coloque "✓" en la parte superior derecha de la chumacera si se le va a colocar agua; Haga un círculo y coloque "✘" en la parte superior derecha de la chumacera que tiene agua y se le va a quitar. OBSERVACIONES:		DEPOSITOS DE LUBRICANTE CORONAS CHUM. MOLINOS T. Aplicación Min. Min. T. Descarso Min. Min.	

Figura 23. Hoja de Control de Temperaturas de Chumaceras Tándem de Molinos B

CONTROL DE TEMPERATURAS DE CHUMACERAS DE MOLINOS		TANDEM "B"		SANTA ANA GRUPO CORPORATIVO	
<p style="text-align: center;">LADO ESPIGA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>BAG BAG CAÑ 4TA SUP SUP</p> <p>MOLINO 5 703-0012</p> <p>BAG SUP CAÑ 4TA</p> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ 4TA</p> <p>MOLINO 4</p> <p>BAG SUP CAÑ 4TA</p> <p>INYECTORES</p> <p>4TA BAG SUP SUP CAÑ</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ 4TA</p> <p>MOLINO 3</p> <p>BAG SUP CAÑ 4TA</p> <p>INYECTORES</p> <p>4TA BAG SUP SUP CAÑ</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ 4TA</p> <p>MOLINO 2</p> <p>BAG SUP CAÑ 4TA</p> <p>INYECTORES</p> <p>4TA BAG SUP SUP CAÑ</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ 4TA</p> <p>MOLINO 1</p> <p>BAG SUP CAÑ</p> <p>INYECTORES</p> <p>BAG BAG SUP SUP CAÑ</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>SUP SUP BAG CAÑ 4TA</p> <p>WALKER</p> <p>SUP INF INF ALU</p> <p>INYECTORES</p> <p>SUP ALU INF INF SUP</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">LADO CORONA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0034</p> <p>842-0023</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0022</p> <p>842-0021</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0020</p> <p>842-0019</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0018</p> <p>842-0017</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>INYECTORES</p> <p>842-0016</p> <p>842-0015</p> </div> </div>					
COD. OPERADOR: NOMBRE: TURNO: FECHA: HORA: TEMP. AMBIENTE:		INSTRUCCIONES: Haga un círculo en la chumacera que tenga agua; Coloque "✓" en la parte superior derecha de la chumacera si se le va a colocar agua; Haga un círculo y coloque "✘" en la parte superior derecha de la chumacera que tiene agua y se le va a quitar. OBSERVACIONES:		DEPOSITOS DE LUBRICANTE CORONAS CHUM. MOLINOS T. Aplicación Min. Min. T. Descarso Min. Min.	

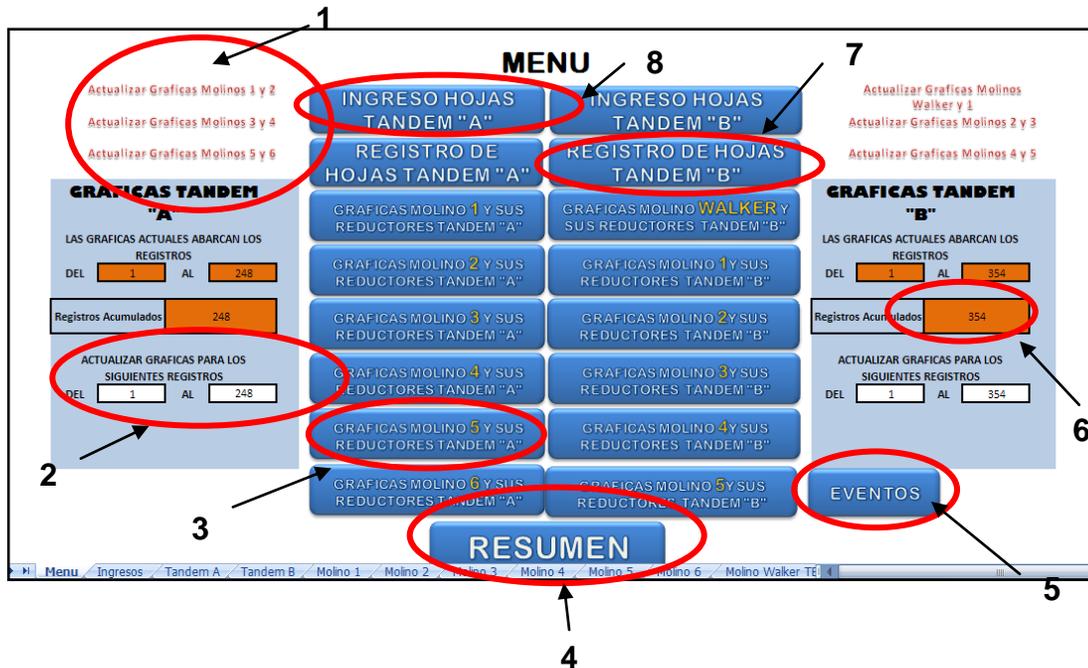
2.2.4.2 Base de datos en MS Excel de las modificaciones en el sistema.

Para poder analizar los cambios en los factores operacionales de las chumaceras, los datos obtenidos en las hojas de control de temperaturas pueden ser ingresados en una hoja electrónica creada en MS Excel. La hoja electrónica fue hecha en MS Excel basada en el lenguaje de visual basic siendo esta un diseño establecido en trabajo conjunto con el Jefe de Operaciones de Patio de Caña, Molinos y Calderas. La hoja electrónica tiene como objetivo facilitar las tareas de análisis de los datos operacionales de las chumaceras de los molinos.

Mediante esta interfaz fácil de manejar para el ingreso y análisis de temperaturas se logro obtener una base de datos con más de 240 hojas de control de temperaturas ingresadas para el Tándem A y más de 350 hojas para el Tándem B. En total 37,138 mediciones de chumaceras e inyectores para el Tándem A y 42,216 mediciones de chumaceras e inyectores para el tándem B. La base de datos de las hojas de registro de temperaturas del Tándem de Molinos A posee 131 celdas de registro de las cuales 65 corresponden a valores de temperaturas de chumaceras; y la base de datos de las hojas de registro de temperaturas del Tándem de Molinos B posee 119 celdas de registro de los cuales 44 corresponden a valores de temperaturas de chumaceras.

Este sistema de consiste en llenar el reporte dependiendo del tándem de molinos a evaluar el estado operacional de las chumaceras, con el objeto de que al terminar los turnos de los encargados de los molinos se puedan obtener los comportamientos en las temperaturas, el uso del bombeo de lubricante extra de manera manual y poder llevar un seguimiento en la aplicación de agua como enfriamiento.

Figura 24. Hoja principal



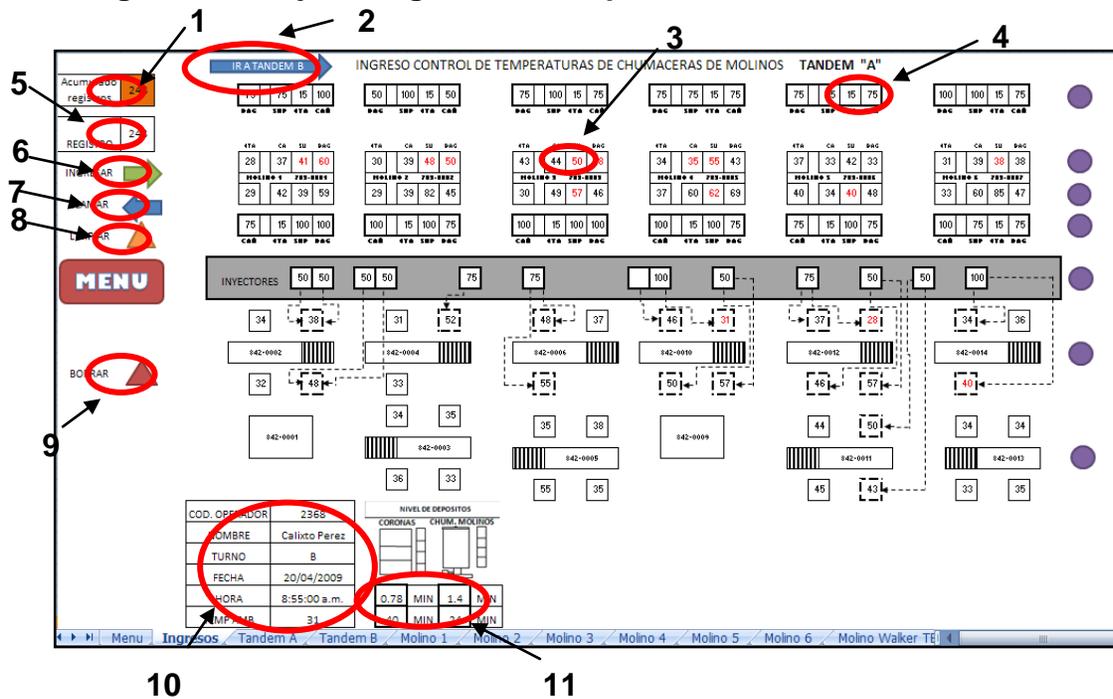
Descripción:

1. Botones para actualizar gráficas, según rango en punto 2.
2. Rango para actualizar las gráficas.
3. Hojas de análisis y gráficas de datos por molino y chumacera (ver figura 27).
4. Hoja de resumen y análisis promedios de temperaturas (ver figura 28).
5. Bitácora de eventos.
6. Cantidad de registros ingresados.
7. Hojas de base de datos (ver figura 26).
8. Hoja de ingresos de hojas de temperaturas (ver figura 25).

La hoja de ingreso de los registros en Ms Excel es similar en su diseño al esquema de la hoja de control de temperaturas, esto para facilitar el ingreso de los registros; toma en cuenta los valores de temperaturas, aperturas de los inyectores, aplicación de agua, persona que realiza los reportes, fecha y hora

del reporte, los cambios de piezas de los sistemas de lubricación y los datos de las modificaciones realizadas en los parámetros de los controladores electrónicos de los sistemas de lubricación que son almacenados como una bitácora de eventos. A continuación se describen las hojas principales para el Tándem de Molinos A y la hoja de resumen de los dos Tándem.

Figura 25. Hoja de Ingreso de temperaturas Tándem de Molinos A



Descripción:

1. Total de hojas de temperatura ingresadas.
2. Ir a ingreso temperaturas Tándem B.
3. Valor de temperatura rojo significa un uso agua externa de enfriamiento.
4. Ingreso continuo de valores por fila.
5. Id. del registro actual.
6. Almacenar registro.
7. Llamar registro en base de datos.
8. Limpiar hoja.

9. Eliminar registro.
10. Datos de la creación de la hoja.
11. Tiempos de los sistemas de lubricación.

Figura 26. Base de datos Tándem de Molinos A.

The screenshot shows a software interface with several components:

- 1:** A summary table with columns: CODIGO, NOMBRE, # REGISTROS Tomados. It lists Miguel Angel (32), David Estrada (87), Calisto Perez (122), and a TOTAL of 241.
- 2:** A summary table with columns: TOTAL DE MEDICIONES, REGISTROS EN BLANCO, MEDICIONES CON AGUA, TEMPERATURA PROMEDIO, and TEMPERATURA MAXIMA. Values include 31, 0, 0.1, 46.1, and 82.
- 3:** A table with columns: LADO ESPIGA, INYECTORES, and LADO CORONA. It lists various parameters like 4TA, CAN, SUP, BAG, SUP, 4TA, CAR, 4TA, CAN, SUP, BAG, SUP.
- 4:** A table with columns: REGISTRO, FECHA, HORA, COD OPERARIO, NOMBRE, TURNO, TEMPERATURA AMBIENTE, and various time-related fields (Tiempo Aplicación coronas, Tiempo Descanso Coronas, etc.).
- 5:** A table with columns: TEMPERATURA AMBIENTE, and various time-related fields.
- 6:** A table with columns: TEMPERATURA AMBIENTE, and various time-related fields.
- 7:** A table with columns: TEMPERATURA AMBIENTE, and various time-related fields.

Descripción:

1. Detalles de hojas creadas por encargado del Tándem.
2. Cálculos estadísticos de los registros.
3. Celda en color rojo significa por encima del límite establecido.
4. Id. del registro.
5. Datos de la creación de la hoja de registro.
6. Datos de temperatura y apertura de inyectores.
7. Valor de temperatura en color rojo significa uso agua externa de enfriamiento.

Figura 28. Hoja de resumen

REGISTROS INGRESADOS		248	DIAS		11																																																																																																																									
REGISTRO INICIAL	171	REGISTRO FINAL	201																																																																																																																											
FECHA	18/03/2009 04:45	FECHA	29/03/2009 03:25																																																																																																																											
RESUMEN MOLINOS TANDEM A																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">MOLINO 1</th> <th colspan="4">MOLINO 2</th> <th colspan="4">MOLINO 3</th> </tr> <tr> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th colspan="2">LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th colspan="2">LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th colspan="2">LADO CORONA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>TEMPERATURA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>4TA</th> <th>CAÑ</th> <th>SUP</th> <th>BAG</th> <th>4TA</th> <th>CAÑ</th> <th>SUP</th> <th>BAG</th> <th>4TA</th> <th>CAÑ</th> <th>SUP</th> <th>BAG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESALTAR MAYORES DE</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 100</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>21</td> <td>27</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>14</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>17</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 10.0%</td> <td>0.0%</td> <td>6.5%</td> <td>67.7%</td> <td>87.1%</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>6.5%</td> <td>45.2%</td> <td>0.0%</td> <td>3.2%</td> <td>54.8%</td> <td>64.5%</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 60</td> <td>30.1</td> <td>46.1</td> <td>41.5</td> <td>53.5</td> <td>29.8</td> <td>46.8</td> <td>42.1</td> <td>59.1</td> <td>32.7</td> <td>45.2</td> <td>47.8</td> <td>48.2</td> <td>31.2</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 75</td> <td>32</td> <td>78</td> <td>63</td> <td>90</td> <td>33</td> <td>66</td> <td>52</td> <td>100</td> <td>35</td> <td>56</td> <td>74</td> <td>72</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>							MOLINO 1				MOLINO 2				MOLINO 3				LADO ESPIGA		LADO CORONA		LADO ESPIGA		LADO CORONA		LADO ESPIGA		LADO CORONA			TEMPERATURA		4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAÑ	SUP	BAG	ESALTAR MAYORES DE	31	31	31	31	31	31	31	31	25	25	25	25	25	MAYORES DE 100	0	2	21	27	0	0	2	14	0	1	17	20	0	MAYORES DE 10.0%	0.0%	6.5%	67.7%	87.1%	0.0%	0.0%	6.5%	45.2%	0.0%	3.2%	54.8%	64.5%	0.0%	MAYORES DE 60	30.1	46.1	41.5	53.5	29.8	46.8	42.1	59.1	32.7	45.2	47.8	48.2	31.2	MAYORES DE 75	32	78	63	90	33	66	52	100	35	56	74	72	35											
	MOLINO 1				MOLINO 2				MOLINO 3																																																																																																																					
	LADO ESPIGA		LADO CORONA		LADO ESPIGA		LADO CORONA		LADO ESPIGA		LADO CORONA																																																																																																																			
	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA																																																																																																																		
	4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAÑ	SUP	BAG																																																																																																																		
ESALTAR MAYORES DE	31	31	31	31	31	31	31	31	25	25	25	25	25																																																																																																																	
MAYORES DE 100	0	2	21	27	0	0	2	14	0	1	17	20	0																																																																																																																	
MAYORES DE 10.0%	0.0%	6.5%	67.7%	87.1%	0.0%	0.0%	6.5%	45.2%	0.0%	3.2%	54.8%	64.5%	0.0%																																																																																																																	
MAYORES DE 60	30.1	46.1	41.5	53.5	29.8	46.8	42.1	59.1	32.7	45.2	47.8	48.2	31.2																																																																																																																	
MAYORES DE 75	32	78	63	90	33	66	52	100	35	56	74	72	35																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">REGISTROS INGRESADOS</th> <th>354</th> <th colspan="2">DIAS</th> <th></th> </tr> <tr> <th>REGISTRO INICIAL</th> <th>60</th> <th>REGISTRO FINAL</th> <th>104</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>FECHA</th> <th>26/01/2009 23:00</th> <th>FECHA</th> <th>26/01/2009 09:00</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">RESUMEN MOLINOS TANDEM B</td> </tr> <tr> <td colspan="6"> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">WALKER</th> <th colspan="3">MOLINO 1</th> <th colspan="3">MOLINO 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>BAG</th> <th>SUP</th> <th>CAÑ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESALTAR MAYORES DE</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 100</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 10.0%</td> <td>31.3</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.2%</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.6%</td> <td>2.2%</td> <td>11.1%</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 60</td> <td>44.1</td> <td>40.9</td> <td>35.1</td> <td>41.1</td> <td>42.2</td> <td>36.0</td> <td>41.8</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 75</td> <td>57</td> <td>50</td> <td>39</td> <td>55</td> <td>50</td> <td>45</td> <td>64</td> <td>72</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>						REGISTROS INGRESADOS		354	DIAS			REGISTRO INICIAL	60	REGISTRO FINAL	104			FECHA	26/01/2009 23:00	FECHA	26/01/2009 09:00			RESUMEN MOLINOS TANDEM B						<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">WALKER</th> <th colspan="3">MOLINO 1</th> <th colspan="3">MOLINO 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>BAG</th> <th>SUP</th> <th>CAÑ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESALTAR MAYORES DE</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 100</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 10.0%</td> <td>31.3</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.2%</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.6%</td> <td>2.2%</td> <td>11.1%</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 60</td> <td>44.1</td> <td>40.9</td> <td>35.1</td> <td>41.1</td> <td>42.2</td> <td>36.0</td> <td>41.8</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 75</td> <td>57</td> <td>50</td> <td>39</td> <td>55</td> <td>50</td> <td>45</td> <td>64</td> <td>72</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>							WALKER			MOLINO 1			MOLINO 2			LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA		TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA		SUP	INF	ALI	SUP	INF	ALI	BAG	SUP	CAÑ	ESALTAR MAYORES DE	41	41	41	41	41	41	41	41	41	MAYORES DE 100	4	0	0	20	0	0	7	1	5	MAYORES DE 10.0%	31.3	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%	0.0%	15.6%	2.2%	11.1%	MAYORES DE 60	44.1	40.9	35.1	41.1	42.2	36.0	41.8	39.7	39.7	MAYORES DE 75	57	50	39	55	50	45	64	72	67		
REGISTROS INGRESADOS		354	DIAS																																																																																																																											
REGISTRO INICIAL	60	REGISTRO FINAL	104																																																																																																																											
FECHA	26/01/2009 23:00	FECHA	26/01/2009 09:00																																																																																																																											
RESUMEN MOLINOS TANDEM B																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">WALKER</th> <th colspan="3">MOLINO 1</th> <th colspan="3">MOLINO 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> <th colspan="2">LADO ESPIGA</th> <th>LADO CORONA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>TEMPERATURA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>SUP</th> <th>INF</th> <th>ALI</th> <th>BAG</th> <th>SUP</th> <th>CAÑ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESALTAR MAYORES DE</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 100</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 10.0%</td> <td>31.3</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.2%</td> <td>0.0%</td> <td>0.0%</td> <td>15.6%</td> <td>2.2%</td> <td>11.1%</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 60</td> <td>44.1</td> <td>40.9</td> <td>35.1</td> <td>41.1</td> <td>42.2</td> <td>36.0</td> <td>41.8</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> </tr> <tr> <td>MAYORES DE 75</td> <td>57</td> <td>50</td> <td>39</td> <td>55</td> <td>50</td> <td>45</td> <td>64</td> <td>72</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>							WALKER			MOLINO 1			MOLINO 2			LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA		TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA		SUP	INF	ALI	SUP	INF	ALI	BAG	SUP	CAÑ	ESALTAR MAYORES DE	41	41	41	41	41	41	41	41	41	MAYORES DE 100	4	0	0	20	0	0	7	1	5	MAYORES DE 10.0%	31.3	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%	0.0%	15.6%	2.2%	11.1%	MAYORES DE 60	44.1	40.9	35.1	41.1	42.2	36.0	41.8	39.7	39.7	MAYORES DE 75	57	50	39	55	50	45	64	72	67																																
	WALKER			MOLINO 1			MOLINO 2																																																																																																																							
	LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA	LADO ESPIGA		LADO CORONA																																																																																																																					
	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA																																																																																																																					
	SUP	INF	ALI	SUP	INF	ALI	BAG	SUP	CAÑ																																																																																																																					
ESALTAR MAYORES DE	41	41	41	41	41	41	41	41	41																																																																																																																					
MAYORES DE 100	4	0	0	20	0	0	7	1	5																																																																																																																					
MAYORES DE 10.0%	31.3	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%	0.0%	15.6%	2.2%	11.1%																																																																																																																					
MAYORES DE 60	44.1	40.9	35.1	41.1	42.2	36.0	41.8	39.7	39.7																																																																																																																					
MAYORES DE 75	57	50	39	55	50	45	64	72	67																																																																																																																					

Descripción:

1. Total de hojas ingresadas.
2. Botón activación cálculos automáticos según valores de registros inicial/final ingresados.
3. Resumen general de temperatura e incidencia de agua por molinos.
4. Indicadores de rendimiento del lubricante.
5. Valor de registro inicial a analizar.
6. Valor de registro final a analizar.
7. Celda en color rojo significa por encima del límite establecido.

2.2.4.3 Gráficas de temperaturas de comportamientos operacionales

Con los datos de temperatura obtenidos mediante las hojas de control de temperaturas de las chumaceras de molinos se obtuvieron gráficas del comportamiento operacional de las mismas. Las gráficas presentadas en esta

etapa contienen valores de temperaturas de la zafra 08-09 desde el 19 de diciembre del 2008; se incluyen los valores obtenidos con el formato de hojas de toma de temperaturas anteriormente utilizado y con en nuevo formato de control descrito en el presente trabajo de graduación. Se tomó el molino # 5 del Tándem de Molinos A como ejemplo de las gráficas realizadas con la hoja programada en MS Excel de temperaturas operacionales así como se muestra en la figura 29 y la figura 30.

Tabla VIII. Análisis de registros de temperaturas del Molino # 5 Tándem A

RESUMEN MOLINOS TÁNDEM A			MOLINO 5							
			LADO ESPIGA				LADO CORONA			
			TEMPERATURA				TEMPERATURA			
			4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAÑ	SUP	BAG
RESALTAR MAYORES	TOTAL DE MEDICIONES	246	246	246	246	246	246	246	246	
MAYORES DE	100	REGISTROS EN BLANCO	2	2	2	2	2	2	2	
MAYORES DE	100	MEDICIONES CON AGUA	0	139	50	56	0	9	138	7
MAYORES DE	10.0%	% DE INCIDENCIA DE AGUA	0.0%	56.0%	20.2%	22.6%	0.0%	3.6%	55.6%	2.8%
MAYORES DE	60	TEMPERATURA PROMEDIO	37.0	46.4	41.9	44.6	35.8	43.9	47.7	40.5
MAYORES DE	75	TEMPERATURA MAXIMA	54	84	90	76	48	60	110	53

Figura 29. Temperaturas chumacera molino # 5 Tándem A lado espiga

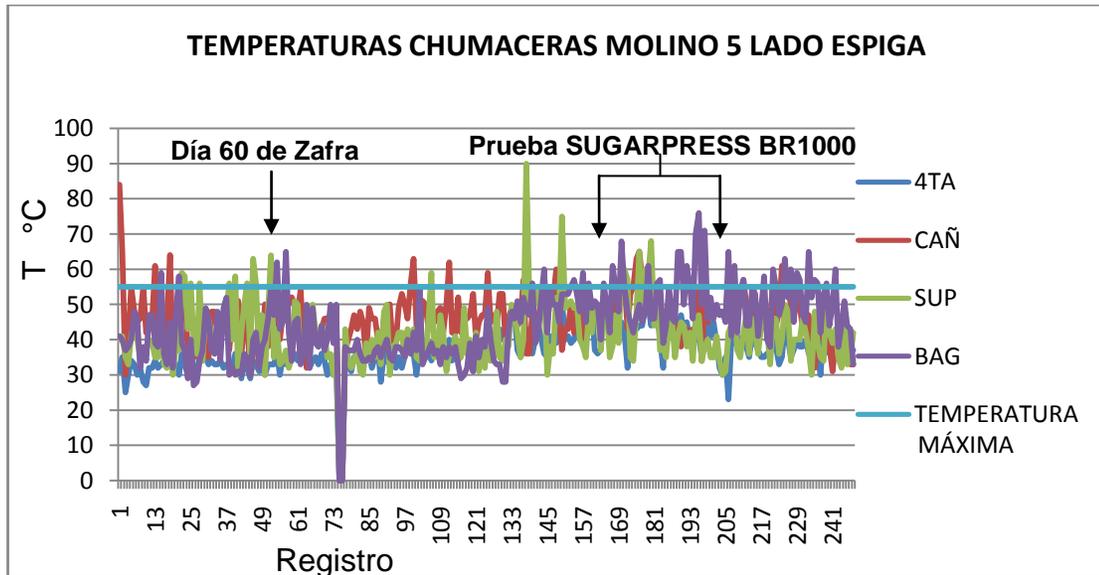
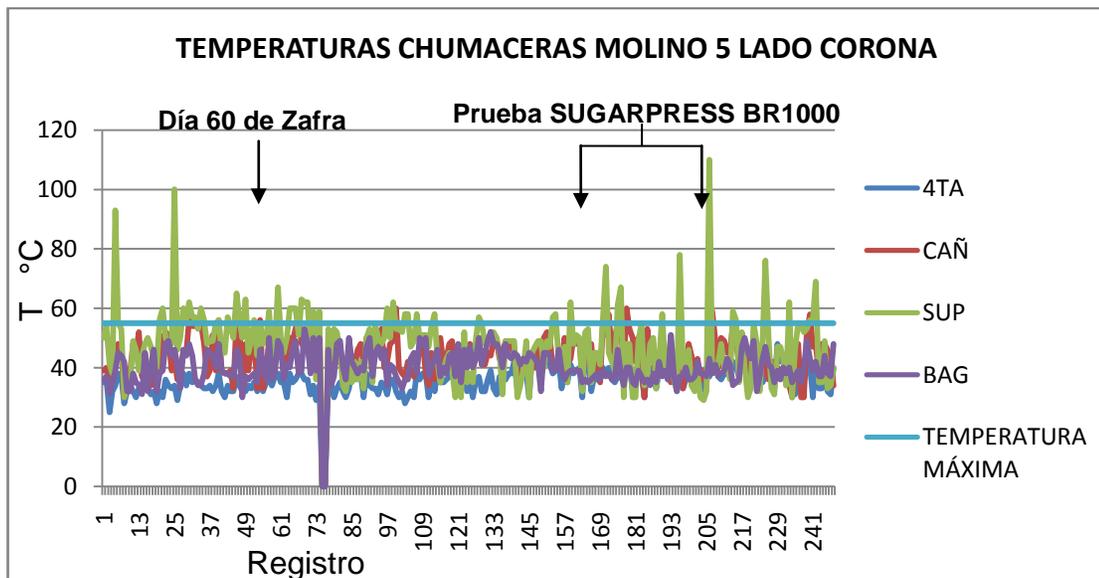


Figura 30. Temperaturas chumacera molino # 5 Tándem A lado corona



El comportamiento de los valores de temperatura en las figuras 29 y 30 muestran variaciones ocasionados por factores tales como: la temperatura ambiente, la presencia de contaminantes como el guarapo, el taponamiento de

las entradas de lubricante, el agua externa de enfriamiento, cambio de las cargas de trabajo en los molinos, fallas en los equipos de lubricación, cierre de los inyectores de grasa, paradas por mantenimiento y desajustes mecánicos. Se puede observar para los registros 76-77 existen valores de temperatura 0, siendo estos ocasionados por una parada no programada en todo el tándem de molinos con duración de aproximadamente 8 horas.

2.2.4.4 Proyección del consumo de lubricantes para los sistemas de lubricación de chumaceras para la zafra 09-10

La proyección del consumo de lubricantes para la próxima zafra es posible hacerla mediante la elaboración de pronósticos de las cantidades estimadas. Lo que se pretende establecer es la necesidad futura del lubricante para chumaceras para la zafra 09-10 basándose en los datos que se tienen, que son los valores de utilización de la pasada zafra de dicho lubricante. Es decir, en base al histórico de consumo, se realizará un modelo que permita pronosticar que es lo que ocurrirá en el futuro.

El consumo por tonelada de caña molida de los dos Tándem de Molinos utilizando la fórmula (2) descrita en la sección 2.1.5.7 con un consumo de 48 toneles en zafra para un total de 2.584,815.34 toneladas de caña molida es de:

$$CTCM = \frac{48[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs.}}{\text{Tonel}} \right]}{2.584,815.34[\text{Ton. caña molida}]} \quad \left[\frac{\text{Lbs.}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

$$CTCM = 0.007427996 \quad \left[\frac{\text{Lbs.}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Para la zafra 2009-2010 se tiene un estimado para moler un total de 2.600,000 toneladas de caña, con la fórmula (2) de la sección 2.1.5.7 nuestra proyección para la siguiente zafra sería:

$$PCL = \frac{\left(0.007427996 \left[\frac{\text{Lbs.}}{\text{Ton. caña molida}}\right]\right) \times (2.600,000[\text{Ton. caña molida}])}{400 \left[\frac{\text{Lbs.}}{\text{Tonel}}\right]}$$

$$PCL \cong 48 \quad [\text{Tonel}]$$

La proyección de consumo de lubricante para chumaceras para la zafra 2009-2010 es de un total de 48 toneles.

2.2.5 Evaluación de los resultados de la prueba de un aceite como alternativa para la grasa actual

Se realizó una prueba controlada con el aceite SUGARPRESS BR1000 disponible en el mercado que cumple con las características necesarias como una opción a la grasa que actualmente se está utilizando. La prueba consistió en la aplicación de dicho aceite en el tándem de molinos A durante un período mayor de 15 días, con el objetivo de ver su rendimiento en las condiciones de operación del molino. Para el análisis se compararon muestras del mismo tamaño que se muestran en la tabla IX y tabla X, abarcando estas muestras los últimos datos de operación utilizando de la grasa Mollub Alloy 8031/600 antes de la prueba y los datos de operación obtenidos durante la prueba con el aceite. La tabla IX y la tabla X muestran los resultados obtenidos en dicho análisis.

Tabla IX. Comparativo final prueba grasa vs. aceite

		PROM. TEMPERATURA		INCIDENCIA DE AGUA (Med.c/Agua)/(Total Med.)		TEMPERATURA MAX. (°C)		# DE MEDICIONES		APERTURA DE INYECTORES			
		ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA		
MOLINO 1	LADO ESPIGA	4ta. Maza	30.13	31.00	0%	0%	32	36	31	31	16	16	
		Cañera	46.13	48.13	6%	6%	78	75	31	31	98	100	
		Superior	41.48	45.61	68%	58%	63	70	31	31	97	90	
		Bagacera	53.48	46.00	84%	55%	90	67	31	31	98	100	
	LADO CORONA	4ta. Maza	29.77	29.42	0%	0%	33	33	31	31	19	16	
		Cañera	46.84	44.16	0%	0%	66	58	31	31	84	79	
		Superior	42.13	44.29	6%	48%	52	55	31	31	94	91	
		Bagacera	59.06	55.97	45%	0%	100	84	31	31	98	100	
	PIÑÓN BAJA	Lado molino	35.94	36.77	35%	13%	48	48	31	31	50	50	
		Lado motor	45.74	50.71	0%	0%	52	54	31	31	50	50	
	MOLINO 2	LADO ESPIGA	4ta. Maza	32.68	33.00	0%	0%	35	37	25	31	19	16
			Cañera	45.24	41.29	3%	29%	56	74	25	31	73	79
Superior			47.76	48.10	55%	23%	74	73	25	31	100	97	
Bagacera			48.24	43.16	65%	39%	72	76	25	31	99	99	
LADO CORONA		4ta. Maza	31.16	31.45	0%	0%	35	40	25	31	19	16	
		Cañera	52.48	43.81	35%	65%	97	82	25	31	73	79	
		Superior	58.60	59.45	42%	35%	90	95	25	31	100	97	
		Bagacera	44.80	45.39	32%	13%	75	52	25	31	99	99	
PIÑÓN BAJA		Lado molino	49.36	54.55	0%	0%	58	63	25	31	85	89	
MOLINO 3		LADO ESPIGA	4ta. Maza	42.74	42.97	0%	0%	59	52	31	31	16	18
			Cañera	51.45	52.71	13%	26%	85	75	31	31	100	96
	Superior		50.00	54.03	94%	97%	66	67	31	31	100	94	
	Bagacera		45.68	43.58	65%	26%	62	53	31	31	98	99	
	LADO CORONA	4ta. Maza	34.94	34.32	3%	0%	54	38	31	31	19	16	
		Cañera	47.45	51.29	42%	39%	67	70	31	31	100	100	
		Superior	52.90	53.13	74%	65%	92	90	31	31	97	100	
		Bagacera	56.68	54.61	23%	0%	78	77	31	31	98	99	
	PIÑÓN BAJA	Lado molino	41.16	38.74	0%	0%	60	45	31	31	98	57	
		Lado motor	45.61	47.10	0%	0%	52	75	31	31	98	57	
	MOLINO 4	LADO ESPIGA	4ta. Maza	33.94	33.45	0%	0%	39	37	31	31	16	16
			Cañera	41.29	40.19	74%	29%	60	58	31	31	74	77
Superior			52.32	47.45	97%	81%	66	56	31	31	95	93	
Bagacera			45.81	51.77	42%	13%	67	76	31	31	72	64	
LADO CORONA		4ta. Maza	34.16	33.90	0%	0%	39	40	31	31	19	16	
		Cañera	47.39	44.32	3%	0%	63	55	31	31	97	95	
		Superior	51.26	48.16	81%	71%	89	68	31	31	97	100	
		Bagacera	55.65	47.61	32%	16%	86	56	31	31	79	78	
CATARINA BAJA		Lado molino	47.26	44.52	3%	0%	74	74	31	31	84	52	
		Lado motor	48.65	50.65	3%	0%	75	58	31	31	99	97	
PIÑÓN BAJA		Lado molino	43.90	42.74	77%	23%	80	76	31	31	84	52	
		Lado motor	53.61	55.65	6%	0%	76	61	31	31	99	97	
MOLINO 5	LADO ESPIGA	4ta. Maza	42.74	41.90	0%	0%	50	54	31	31	19	16	
		Cañera	48.32	46.58	87%	32%	65	60	31	31	74	76	
		Superior	44.68	47.90	42%	48%	68	90	31	31	92	93	
		Bagacera	52.52	50.00	6%	10%	76	60	31	31	79	78	
	LADO CORONA	4ta. Maza	37.23	37.81	0%	0%	45	44	31	31	16	16	
		Cañera	44.29	44.32	3%	0%	60	52	31	31	96	93	
		Superior	44.71	45.39	58%	68%	78	62	31	31	95	100	
		Bagacera	37.58	41.90	0%	0%	51	48	31	31	71	72	
	CATARINA BAJA	Lado molino	35.68	38.77	0%	0%	45	44	31	31	100	100	
		Lado motor	45.71	50.68	0%	0%	50	66	31	31	99	73	
	PIÑÓN BAJA	Lado molino	42.84	43.26	61%	26%	70	90	31	31	100	100	
		Lado motor	49.77	49.52	0%	0%	60	56	31	31	99	73	
CATARINA INTER	Lado molino	40.87	41.74	0%	0%	45	45	31	31	63	68		
	Lado motor	42.06	42.19	0%	0%	50	48	31	31	63	68		

Tabla X. Comparativo final prueba grasa vs. aceite (continuación)

		PROM. TEMPERATURA		INCIDENCIA DE AGUA ((Med. c./Agua)/(Total Med.))		TEMPERATURA MAX. (°C)		# DE MEDICIONES		APERTURA DE INYECTORES		
		ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	ACEITE	GRASA	
MOLINO 6	LADO ESPIGA	4ta. Maza	32.30	31.94	0%	0%	34	39	10	31	15	16
		Cañera	43.90	38.61	50%	29%	74	48	10	31	73	76
		Superior	44.40	45.29	0%	90%	60	59	10	31	100	98
		Bagacera	38.60	47.68	0%	0%	56	65	10	31	98	94
	LADO CORONA	4ta. Maza	35.70	33.71	0%	0%	44	38	10	31	16	16
		Cañera	46.10	49.35	60%	13%	83	75	10	31	98	99
		Superior	43.20	50.45	0%	6%	60	63	10	31	100	100
		Bagacera	37.50	47.06	50%	0%	58	54	10	31	78	80
	PIÑÓN BAJA	Lado molino	33.40	40.87	0%	0%	35	45	10	31	59	60
		Lado motor	37.50	45.52	0%	0%	47	56	10	31	59	60

Se lograron las siguientes conclusiones luego de finalizada la prueba:

- El desempeño de los dos lubricantes evaluados bajo las mismas condiciones es similar.
- La ventaja de la utilización del aceite es que no se generan taponamientos por altas temperaturas.
- El sistema de bombeo debe de trabajar a mayor presión (900 psi) al utilizar aceite que grasa (700 psi).
- El desempeño en ambos lubricantes se puede ver afectado positivamente mediante el mejoramiento de las condiciones mecánicas de las chumaceras y sellos de salida de jugo de los molinos.
- Durante las pruebas el consumo de lubricante se manifestó de forma similar.
- Con un precio actual de Q. 8,350.00³ para el aceite SUGARPRESS BR1000 y Q. 13,440.00⁴ para la grasa MA8031/6000 se puede estimar una diferencia del 38% de costo por tonel consumido.

³ Datos proporcionados en USD según sistema de compras. Con una tasa de cambio de Q.8.25.

⁴ Datos proporcionados en USD según sistema de compras. Con una tasa de cambio de Q.8.25.

- La cantidad de caña molida y el ritmo de molienda es menor en el período evaluado del aceite SUGARPRESS (101,859 Ton. y 412 Ton./hrs.), que en el período anterior de la grasa Mollub Alloy 8031/6000 (106,847 Ton. y 419 Ton./hrs.).

2.2.6 Manual de mantenimiento preventivo de los sistemas de lubricación del Tándem A y Tándem B

Debido a la importancia del correcto funcionamiento en época de zafra de los equipos que conforman los sistemas de lubricación con que actualmente cuenta cada uno de los tándem de molinos, es necesario un programa de mantenimiento que primero asegure que el equipo recibirá un mantenimiento preventivo ordenado donde se evalúen las piezas y accesorios más importantes de cada uno de sus dispositivos y, segundo, se tenga una constancia del resultado de la inspección de las piezas.

2.2.6.1 Diseño de los diagramas de los sistemas de lubricación

Se realizaron diagramas de los sistemas de lubricación de cada tándem de molinos según la distribución que actualmente estos poseen dando como resultado los planos de la figura 31 y figura 32 cuyas dimensiones están dadas en pies.

2.2.6.2 Inventario técnico elementos de las redes de lubricación

Los equipos de lubricación instalados en el departamento de molinos del Ingenio están codificados según su ubicación, basados en el sistema de lubricación del cual sean parte. En la tabla XI se detalla el inventario de maquinaria y piezas que conforman los sistemas de lubricación de chumaceras hasta agosto del 2009.

Tabla XI. Elementos que conforman los sistemas de lubricación

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	MARCA	MODELO
843-0002	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CHUMACERAS FARVAL T.A. # 1		
	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 1	CLEVELAND	M2011AA-10B002
	BOMBA SISTEMA FARVAL T.A. # 1	FARVAL	DJ4101
	VÁLVULA DE REVERSA	FARVAL	DR45
	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	FARVAL	SS2200
843-0005	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CHUMACERAS FARVAL T.A. # 2		
	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 2	CLEVELAND	20RT
	BOMBA SISTEMA FARVAL T.A. # 2	FARVAL	DJ4101
	VÁLVULA DE REVERSA	FARVAL	DR27B
	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	FARVAL	SS2200
843-0004	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CHUMACERAS LINCOLN T.A. # 1		
	BOMBA-MOTOR NEUMÁTICO LINCOLN T.A.	LINCOLN	84804
	VÁLVULA DE REVERSA	FARVAL	DR45
	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	FARVAL	SS2200
843-0009	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CHUMACERAS FARVAL T.B. # 1		
	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.B. # 1	CLEVELAND	20RT
	BOMBA SISTEMA FARVAL T.B. # 1	FARVAL	DJ45
	VÁLVULA DE REVERSA	FARVAL	DR27B
	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	FARVAL	SS2200
843-0008	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CHUMACERAS LINCOLN T.B. # 2		
	BOMBA-MOTOR NEUMÁTICO LINCOLN T.A.	LINCOLN	84804
	VÁLVULA DE REVERSA	FARVAL	DR45
	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	FARVAL	SS2200

Del listado anterior de los equipos que conforman los sistemas de lubricación de chumaceras en el área de molinos se realizó un inventario

representado en la tabla XII de los accesorios denominados importantes para el funcionamiento de dichos equipos.

Tabla XII. Piezas que conforman los equipos de los sistemas de lubricación de chumaceras

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	COD_CORP	DESCRIPCIÓN PIEZA	CANTIDAD INSTALADA
843-0002	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 1	9200	COJINETE # 6305-2Z SKF	2
	MARCA: CLEVELAND	2821	CONO # 418 TIMKEN	2
	MODELO: M2011AA-10B002	3056	CUNA # 414 TIMKEN	2
		37962	RETENEDOR 10049 CR	1
843-0005	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 2	3474	RETENEDOR # 473225 NATIONAL	1
	MARCA: CLEVELAND	9373	COJINETE 7207B SKF	2
	MODELO: 20RT	2970	CONO # 41126 TIMKEN	2
		3172	CUNA # 41286 TIMKEN	2
		37751	RETENEDOR # 450040 NATIONAL	1
843-0009	REDUCTOR SISTEMA FARVAL T.B. # 1	9452	COJINETE # 7305 BEP SKF	2
	MARCA: CLEVELAND	2821	CONO # 418 TIMKEN	2
	MODELO: 20RT	37751	RETENEDOR # 473215 NATIONAL	1
		3056	CUNA # 414 TIMKEN	2
843-0002	BOMBA SISTEMA FARVAL T.A. # 1	2908	CUNA # 1931 TIMKEN	2
	MARCA: FARVAL	3093	CONO # 1986 TIMKEN	2
	MODELO: DJ4101	3455	RETENEDOR # 471571 NATIONAL	1
843-0005	BOMBA SISTEMA FARVAL T.A. # 2	2908	CUNA # 1931 TIMKEN	2
	MARCA: FARVAL	3093	CONO # 1986 TIMKEN	2
	MODELO: DJ4101	3455	RETENEDOR # 471571 NATIONAL	1
843-0009	BOMBA SISTEMA FARVAL T.B. # 1	2908	CUNA # 1931 TIMKEN	2
	MARCA: FARVAL	3093	CONO # 1986 TIMKEN	2
	MODELO: DJ45	37962	RETENEDOR # 10049 CR	1

2.2.6.3 Determinación de mantenimiento preventivo para los elementos que conforman las redes de lubricación

El diseño de un plan de mantenimiento para equipos de un sistema de lubricación de chumaceras de un ingenio azucarero debe considerar que las piezas de los equipos están sometidas a largos períodos de trabajo continuo, esto debido a que un ingenio azucarero opera de manera casi continua durante el período de zafra el cual tiene una duración de aproximadamente 6 meses durante los cuales los períodos de tiempo utilizables para mantenimientos de

carácter correctivo o preventivos que incluyan desmontaje de los equipos son limitados.

Al no ser posible hacer un mantenimiento que incluya una parada prolongada o un desmontaje total del equipo en período de zafra, las rutinas de mantenimiento recomendadas para los elementos que conforman los sistemas de lubricación de chumaceras serán las siguientes: hojas de inspección semanales para el período de zafra y rutinas anuales para realizar en el período de reparación.

2.2.6.4 Inspecciones y rutinas de mantenimiento preventivo de la red de lubricación

Las rutinas de mantenimiento y las rutinas de inspección son procedimientos de mantenimiento compuestos por una lista de pasos necesarios que se deben de seguir, debiendo ser estos entregados a los técnicos mecánicos para la realización del mantenimiento del equipo. Estos pasos están elaborados por las indicaciones que el fabricante señala en los manuales de operación y mantenimiento del equipo; además, también se tomaron en cuenta las sugerencias de los mismos mecánicos para la acción eficiente y correcta del mantenimiento.

2.2.6.4.1 Diseño hojas de inspección

La Hoja de inspección es una herramienta que permite reunir información observando los equipos en funcionamiento sin necesidad de desmontarlos como una acción inicial a un mantenimiento preventivo para empezar a detectar patrones o tendencias de defectos o fallas. El diseño de la hoja de inspección

debe ser simple y fácil de entender que contenga de una forma concreta que evento se observará.

Debido a que los operadores en el proceso de molinos están agrupados por tándem de molinos se diseñaron hojas de inspección para ser ejecutadas por los encargados de cada tándem de molinos con una periodicidad sugerida de una semana por inspección.

2.2.6.4.2 Plan de inspección por Tándem de Molinos

A continuación se enlistan los principales componentes de los sistemas de lubricación y se enlistan las actividades básicas en las que debe consistir la acción de inspección.

- Hojas de inspección tándem de molinos A

Figura 33. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos A



HOJA DE INSPECCIÓN SISTEMA DE INYECCIÓN DE LUBRICANTE TANDEM "A"

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
703-0001	MOLINO # 1			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0002	MOLINO # 2			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0003	MOLINO # 3			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____

Figura 34. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos A (continuación)

703-0005	MOLINO # 4			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0006	MOLINO # 5			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0007	MOLINO # 6			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____

Figura 35. Hoja de inspección sistema de bombeo de lubricante Tándem de Molinos A



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

HOJA DE INSPECCIÓN SISTEMA DE BOMBEO DE LUBRICANTE T.A.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0002	BOMBA Y REDUCTOR FARVAL # 1 T.A.			
	Limpieza del equipo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Vibración	[]	[]	_____
	Tuberías y conectores	[]	[]	_____
	Tiempo en levantar presión	[]	[]	_____
843-0005	BOMBA Y REDUCTOR FARVAL # 2 T.A.			
	Limpieza del equipo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Vibración	[]	[]	_____
	Tuberías y conectores	[]	[]	_____
	Tiempo en levantar presión	[]	[]	_____
843-0004	MOTOR Y BOMBA LINCOLN T.A.			
	Limpieza del equipo	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección estación de mantenimiento aire comprimido	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Vibración	[]	[]	_____
	Tuberías y conectores	[]	[]	_____
	Tiempo en levantar presión	[]	[]	_____

**Figura 36. Hoja de inspección válvulas de reversa sistemas lubricación
Tándem de Molinos A**



HOJA DE INSPECCIÓN VÁLVULAS DE REVERSA SISTEMAS LUBRICACIÓN T.A.

AVISO: _____
 FECHA: _____
 HORA INICIO: _____ CÓDIGO TRABAJADOR: _____
 HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0002	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.A. # 1			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Presión de trabajo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Estado de tuberías y mangueras	[]	[]	_____
843-0005	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.A. # 2			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Presión de trabajo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Estado de tuberías y mangueras	[]	[]	_____
843-0004	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA LINCOLN T.A.			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Presión de trabajo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Estado de tuberías y mangueras	[]	[]	_____

- Hojas de inspección tándem de molinos B

Figura 37. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos B



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

HOJA DE INSPECCIÓN SISTEMA DE INYECCIÓN DE LUBRICANTE TANDEM "B"

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
MOLINO WALKER				
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0008	MOLINO # 1			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0009	MOLINO # 2			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0010	MOLINO # 3			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____

Figura 38. Hoja de inspección sistema de inyección de lubricante Tándem de Molinos B (continuación)

703-0011	MOLINO # 4			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____
703-0012	MOLINO # 5			
	Limpieza e inspección inyectores de lubricante	[]	[]	_____
	Inspección de la tubería e mangueras	[]	[]	_____
	Inspección de válvulas de paso	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado corona	[]	[]	_____
	Inspección guardajugos lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado corona	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Sup. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Cañ. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera Bag. lado espiga	[]	[]	_____
	Limpieza e inspección chumacera 4ta. maza (2 c/u)	[]	[]	_____

Figura 39. Hoja de inspección sistema de Bombeo de Lubricante Tándem de Molinos B



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

HOJA DE INSPECCIÓN SISTEMA DE BOMBEO DE LUBRICANTE T.B.

AVISO: _____

FECHA: _____

HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____

HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0009	BOMBA Y REDUCTOR FARVAL T.B.			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Vibración	[]	[]	_____
	Tuberías y conectores	[]	[]	_____
	Tiempo en levantar presión	[]	[]	_____
843-0008	BOMBA Y REDUCTOR LINCOLN T.B.			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Vibración	[]	[]	_____
	Tuberías y conectores	[]	[]	_____
	Tiempo en levantar presión	[]	[]	_____

**Figura 40. Hoja de inspección válvulas de reversa sistemas de
lubricante Tándem de Molinos B**



HOJA DE INSPECCIÓN VÁLVULAS DE REVERSA SISTEMAS LUBRICACIÓN T.B.

AVISO: _____

FECHA: _____

HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____

HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0009	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.B.			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Presión de trabajo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Estado de tuberías y mangueras	[]	[]	_____
843-0008	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA LINCOLN T.B.			
	Limpieza de equipo	[]	[]	_____
	Presión de trabajo	[]	[]	_____
	Ruido	[]	[]	_____
	Estado de tuberías y mangueras	[]	[]	_____

2.2.6.5 Rutinas de Mantenimiento Preventivo

Una rutina de mantenimiento debe de componerse de una serie de procedimientos ordenados que abarcan revisiones generales de los equipos donde se señalan los métodos de trabajo, la secuencia del mismo, herramientas, materiales y equipo accesorio.

2.2.6.5.1 Diseño hoja rutina de mantenimiento

El mantenimiento preventivo para los sistemas de lubricación de chumaceras de los molinos es realizado únicamente en la época de reparación posterior al período de zafra e implica el desmontaje del equipo, un desarme completo y una reparación general. Partiendo de lo mencionado anteriormente una hoja de rutinas de mantenimiento para estos equipos debe de ser una guía donde se contenga información concreta de los elementos de los equipos que son necesarios observar y evaluar su estado para su continuidad o cambio.

Debido a que durante la época de reparación los mecánicos encargados de darle mantenimiento están agrupados por tándem de molinos se diseñaron hojas de rutinas de mantenimiento para ser ejecutadas por dichos mecánicos de cada tándem con una periodicidad sugerida de un año entre mantenimiento.

2.2.6.5.2 Rutinas por medio de Tándem de Molinos

Las figuras 41 a la 50 enlistan los principales componentes de los sistemas de lubricación con las actividades básicas en las que debe consistir la acción de mantenimiento preventivo, además en la tabla XIII, tabla XIV, tabla XV y tabla XVI se enlistan los materiales con su respectivo costo necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

- **Materiales necesarios para las rutinas de mantenimiento preventivo**

Tabla XIII. Materiales por molino, hoja de mantenimiento inyectores de lubricante de chumaceras.

COD_CORP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Q. / UNIDAD	Q. / TOTAL
17524	ANTI-SEIZE LUBRICANT 133-K 8 ONZ.	1/4 C/U	Q 144.17	Q 36.04
	DIESEL	1 1/2 Galón	Q 21.00	Q 31.50
22145	LAMINA NEOLITE 5/32" GENÉRICO	36PLG2	Q 0.11	Q 3.96
4297	PINTURA ANTICORROSIVA	1/4 Galón	Q 82.14	Q 20.54
19716	PLIEGO LIJA D/AGUA 320 GENÉRICO	1/2 C/u	Q 2.58	Q 1.29
5722	ROLLO CINTA DE TEFLÓN 1/2" GENÉRICO	1 C/U	Q 1.31	Q 1.31
17402	WIPE GENÉRICO (LIBRA)	1 Libra	Q 5.36	Q 5.36

TOTAL	Q 100.00
--------------	----------

Tabla XIV. Materiales por bomba, hoja de mantenimiento bombas hidráulicas sistema Farval de lubricación de chumaceras.

COD_CORP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Q. / UNIDAD	Q. / TOTAL
80675	ACEITE ALPHA 460	1/2 Galón	Q 70.86	Q 35.43
	DIESEL	1/2 Galón	Q 21.00	Q 10.50
95208	PINTURA ACEITE	1/8 Galón	Q 120.53	Q 15.07
4297	PINTURA ANTICORROSIVA	1/8 Galón	Q 82.14	Q 10.27
5722	ROLLO CINTA DE TEFLÓN 1/2" GENÉRICO	1/2 Rollo	Q 1.31	Q 0.66
17402	WIPE GENÉRICO (LIBRA)	1 Libra	Q 5.36	Q 5.36

TOTAL	Q 77.28
--------------	---------

Tabla XV. Materiales por reductor, hoja de mantenimiento reductores sistemas Farval de lubricación de chumaceras.

COD_CORP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Q. / UNIDAD	Q. / TOTAL
80675	ACEITE ALPHA 460	1/2 Galón	Q 70.86	Q 35.43
	DIESEL	1/2 Galón	Q 21.00	Q 10.50
95208	PINTURA ACEITE	1/8 Galón	Q 120.53	Q 15.07
4297	PINTURA ANTICORROSIVA	1/8 Galón	Q 82.14	Q 10.27
5722	ROLLO CINTA DE TEFLÓN 1/2" GENÉRICO	1/2 Rollo	Q 1.31	Q 0.66
17402	WIPE GENÉRICO (LIBRA)	2 Libra	Q 5.36	Q 10.72

TOTAL	Q 71.92
--------------	---------

Tabla XVI. Materiales por válvula de reversa, hoja de mantenimiento válvulas de reversa Farval sistemas de lubricación de chumaceras.

COD_CORP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Q. / UNIDAD	Q. / TOTAL
	DIESEL	1 Galón	Q 21.00	Q 21.00
95208	PINTURA ACEITE	1/8 Galón	Q 120.53	Q 15.07
4297	PINTURA ANTICORROSIVA	1/4 Galón	Q 82.14	Q 20.54
17572	PLIEGO LJA DE AGUA 400 GENÉRICO	1/2 C/U	Q 2.63	Q 1.32
5722	ROLLO CINTA DE TEFLÓN 1/2" GENÉRICO	1 C/U	Q 1.31	Q 1.31
17402	WIPE GENÉRICO (LIBRA)	1 Libra	Q 5.36	Q 5.36

TOTAL	Q 59.23
--------------	---------

- Hojas de rutinas de mantenimiento preventivo Tándem de Molinos A

Figura 41. Hoja Rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos A



MANTENIMIENTO DE INYECTORES DE GRASA FARVAL TANDEM "A" MODELOS "DM"

AVISO: _____
 FECHA: _____
 HORA INICIO: _____ CÓDIGO TRABAJADOR: _____
 HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
703-0001	INYECTORES FARVAL MOLINO # 1			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Colocar teflón a las roscas	[]	[]	_____
	Lubricación de piezas	[]	[]	_____
	Armado de inyectores	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje inyector	[]	[]	_____
703-0002	INYECTORES FARVAL MOLINO # 2			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Colocar teflón a las roscas	[]	[]	_____
	Lubricación de piezas	[]	[]	_____
	Armado de inyectores	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje inyector	[]	[]	_____
703-0003	INYECTORES FARVAL MOLINO # 3			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____

Figura 42. Hoja Rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos A (continuación)

	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0005	INYECTORES FARVAL MOLINO # 4			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0006	INYECTORES FARVAL MOLINO # 5			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0007	INYECTORES FARVAL MOLINO # 6			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....

Figura 43. Hoja Rutinas de mantenimiento para bombas hidráulicas Farval Tándem de Molinos A



MANTENIMIENTO DE BOMBA HIDRÁULICA FARVAL T.A.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0002	BOMBA FARVAL # 1 T.A.			
	Desmontaje de bomba	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión del aceite	[]	[]	_____
	Revisión cilindro de salida	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes de los pistones (2)	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes del cigüeñal (2)	[]	[]	_____
	Revisión empaques (5)	[]	[]	_____
	Revisión acoplamiento	[]	[]	_____
	Lubricar piezas	[]	[]	_____
	Armar bomba	[]	[]	_____
	Nivelación del aceite de la bomba	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Instalar bomba	[]	[]	_____
843-0005	BOMBA FARVAL # 2 T.A.			
	Desmontaje de bomba	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión aceite	[]	[]	_____
	Revisión cilindro de salida	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes pistón (2)	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes cigüeñal (2)	[]	[]	_____
	Revisión empaques (5)	[]	[]	_____
	Revisión acoplamiento	[]	[]	_____
	Lubricar piezas	[]	[]	_____
	Armar bomba	[]	[]	_____
	Nivelación del aceite de la bomba	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Instalar bomba	[]	[]	_____

Figura 44. Hoja Rutinas de mantenimiento reductores sistemas Farval de lubricación Tándem de Molinos A



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

MANTENIMIENTO DE REDUCTOR FARVAL T.A.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0002	REDUTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 1 Reductor marca Cleveland			
	Desmontaje	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de aceite	[]	[]	_____
	Revisión de retenedores	[]	[]	_____
	Revisión de cojinetes (4)	[]	[]	_____
	Revisión de engranes (2)	[]	[]	_____
	Revisión y cambio de empaques (4)	[]	[]	_____
	Armar piezas	[]	[]	_____
	Calibración y ajustes	[]	[]	_____
	Nivelación aceite del reductor	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje	[]	[]	_____
843-0005	REDUTOR SISTEMA FARVAL T.A. # 2 Reductor marca Cleveland			
	Desmontaje	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de aceite	[]	[]	_____
	Revisión de retenedores	[]	[]	_____
	Revisión de cojinetes (4)	[]	[]	_____
	Revisión de engranes (2)	[]	[]	_____
	Revisión y cambio de empaques (4)	[]	[]	_____
	Armar piezas	[]	[]	_____
	Calibración y ajustes	[]	[]	_____
	Nivelación aceite del reductor	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje	[]	[]	_____

Figura 45. Hoja de Rutinas de mantenimiento válvulas de reversa sistemas Farval de lubricación Tándem de Molinos A



MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS DE REVERSA T.A.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0002	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.A. # 1 Valvula modelo Farval DR45			
	Desmontaje	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Verificación del funcionamiento y	[ ]	[ ]	.....
	Ajuste de pistones (3 pistones)			.....
	Verificar empaques (8 o - rings)	[ ]	[ ]	.....
	Lubricar	[ ]	[ ]	.....
	Armar piezas	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje	[ ]	[ ]	.....
843-0005	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.A. # 2 Valvula modelo Farval DR2 serie 7			
	Desmontaje	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Verificación del funcionamiento y	[ ]	[ ]	.....
	Ajuste de pistones (3 pistones)			.....
	Verificar empaques (8 o - rings)	[ ]	[ ]	.....
	Lubricar	[ ]	[ ]	.....
	Armar piezas	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje	[ ]	[ ]	.....
843-0004	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA LINCOLN T.A. Valvula modelo Farval DR45			
	Desmontaje	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Verificación del funcionamiento y	[ ]	[ ]	.....
	Ajuste de pistones (3 pistones)			.....
	Verificar empaques (8 o - rings)	[ ]	[ ]	.....
	Lubricar	[ ]	[ ]	.....
	Armar piezas	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje	[ ]	[ ]	.....

- Hojas de rutinas de mantenimiento preventivo Tándem de Molinos B

Figura 46. Hoja de rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante sistemas de lubricante Tándem de Molinos B



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

MANTENIMIENTO DE INYECTORES DE GRASA FARVAL TANDEM "B" MODELOS "DM"

AVISO: _____
 FECHA: _____
 HORA INICIO: _____ CÓDIGO TRABAJADOR: _____
 HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
	INYECTORES FARVAL MOLINO WALKER			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Colocar teflón a las roscas	[]	[]	_____
	Lubricación de piezas	[]	[]	_____
	Armado de inyectores	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje inyector	[]	[]	_____
703-0008	INYECTORES FARVAL MOLINO # 1			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Colocar teflón a las roscas	[]	[]	_____
	Lubricación de piezas	[]	[]	_____
	Armado de inyectores	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Montaje inyector	[]	[]	_____
703-0009	INYECTORES FARVAL MOLINO # 2			
	Desmontaje de válvulas	[]	[]	_____
	Limpieza exterior e interior	[]	[]	_____
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión de empaques	[]	[]	_____
	Revisión de arandelas	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____

Figura 47. Hoja de rutinas de mantenimiento para válvulas de inyección de lubricante Tándem de Molinos B (continuación)

	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0010	INYECTORES FARVAL MOLINO # 3			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0011	INYETORES FARVAL MOLINO # 4			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....
703-0012	INYETORES FARVAL MOLINO # 5			
	Desmontaje de válvulas	[ ]	[ ]	.....
	Limpieza exterior e interior	[ ]	[ ]	.....
	Prueba de funcionamiento con aire comprimido	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de empaques	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de arandelas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón principal	[ ]	[ ]	.....
	Revisión pistón piloto	[ ]	[ ]	.....
	Colocar teflón a las roscas	[ ]	[ ]	.....
	Lubricación de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Armado de inyectores	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje inyector	[ ]	[ ]	.....

Figura 48. Hoja de Rutinas de Mantenimiento para bombas hidráulicas Farval de los sistemas de lubricación Tándem de Molinos B



Santa Ana
GRUPO CORPORATIVO

MANTENIMIENTO DE BOMBA HIDRÁULICA FARVAL T.B.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0009	BOMBA FARVAL T.B.			
	Desmontaje de bomba	[]	[]	_____
	Desarme de piezas	[]	[]	_____
	Revisión del aceite	[]	[]	_____
	Revisión cilindro de salida	[]	[]	_____
	Revisión pistón principal	[]	[]	_____
	Revisión pistón piloto	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes de los pistones (2)	[]	[]	_____
	Revisión cojinetes del cigüeñal (2)	[]	[]	_____
	Revisión empaques (5)	[]	[]	_____
	Revisión acoplamiento	[]	[]	_____
	Lubricar piezas	[]	[]	_____
	Armar bomba	[]	[]	_____
	Nivelación del aceite de la bomba	[]	[]	_____
	Pintar el exterior	[]	[]	_____
	Instalar bomba	[]	[]	_____

Figura 49. Hoja de rutinas de mantenimiento reductores sistemas Farval de lubricación Tándem de Molinos B



MANTENIMIENTO DE REDUCTOR FARVAL T.B.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0009	REDUTOR SISTEMA FARVAL T.B. # 1 Reductor marca Cleveland			
	Desmontaje	[ ]	[ ]	.....
	Desarme de piezas	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de aceite	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de retenedores	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de cojinetes (4)	[ ]	[ ]	.....
	Revisión de engranes (2)	[ ]	[ ]	.....
	Revisión y cambio de empaques (4)	[ ]	[ ]	.....
	Armar piezas	[ ]	[ ]	.....
	Calibración y ajustes	[ ]	[ ]	.....
	Nivelación aceite del reductor	[ ]	[ ]	.....
	Pintar el exterior	[ ]	[ ]	.....
	Montaje	[ ]	[ ]	.....

Figura 50. Hoja de Rutinas de Mantenimiento válvulas de reversa sistemas Farval de lubricación Tándem de Molinos B



Santa Ana
GRUPO COOPERATIVO

MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS DE REVERSA T.B.

AVISO: _____
FECHA: _____
HORA INICIO: _____ **CÓDIGO TRABAJADOR:** _____
HORA FINAL: _____

CÓDIGO EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO/ACTIVIDAD	Deficiente	Satisfactorio	Observaciones
843-0009	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA FARVAL T.B. Valvula modelo Farval DR45 Desmontaje [] [] _____ Desarme de piezas [] [] _____ Verificación del funcionamiento y [] [] _____ Ajuste de pistones (3 pistones) _____ Verificar empaques (8 o - rings) [] [] _____ Lubricar [] [] _____ Armar piezas [] [] _____ Pintar el exterior [] [] _____ Montaje [] [] _____			
843-0008	VÁLVULA DE REVERSA SISTEMA LINCOLN T.B. Valvula modelo Farval DR2 serie 7 Desmontaje [] [] _____ Desarme de piezas [] [] _____ Verificación del funcionamiento y [] [] _____ Ajuste de pistones (3 pistones) _____ Verificar empaques (8 o - rings) [] [] _____ Lubricar [] [] _____ Armar piezas [] [] _____ Pintar el exterior [] [] _____ Montaje [] [] _____			

2.2.6.6 Ajustes y cuidados del montaje

- Al reemplazar alguna pieza en los tramos principales de tubería de 1/2" y 3/4" de diámetro, asegurarse que la tubería reemplazada

posea una cédula 80 de espesor y en el caso de las uniones o válvulas de paso sean de de acero forjado tipo #3000.

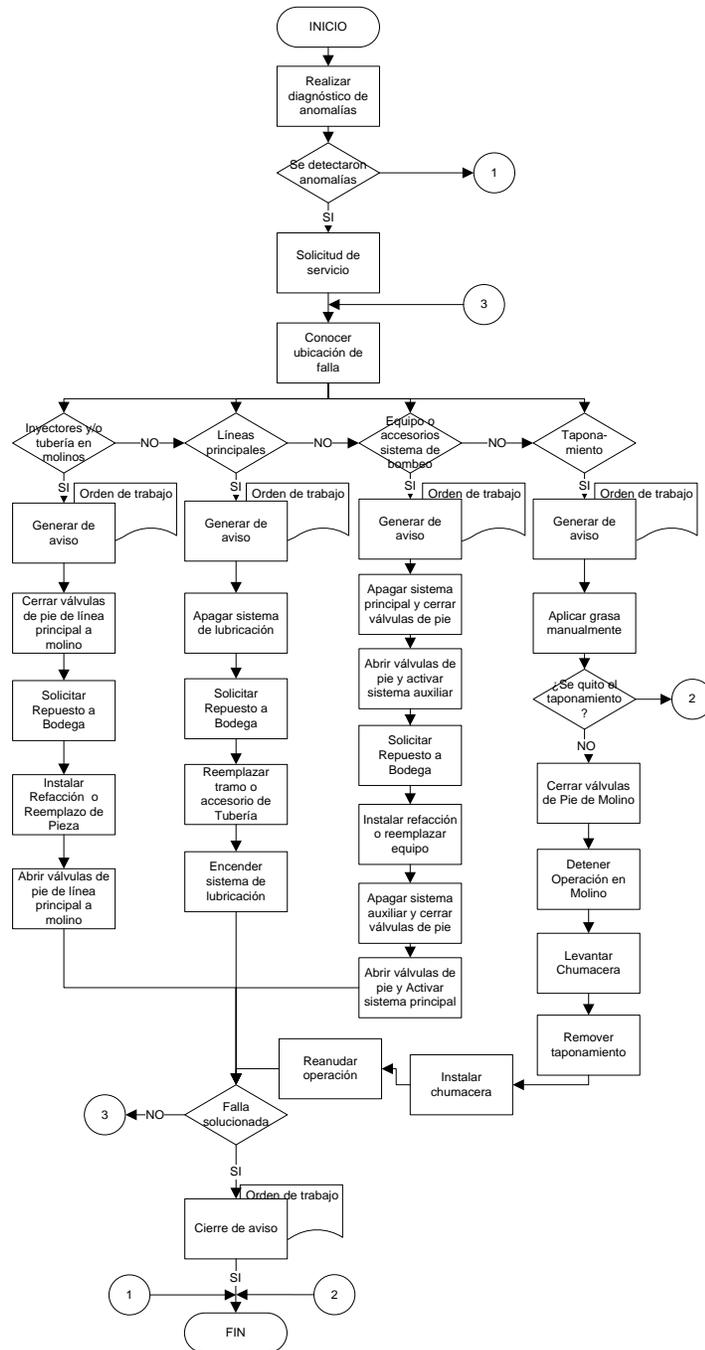
- Durante la instalación o reparación de toda sección dentro de los sistemas de lubricación debe de tenerse el cuidado de limpiar bien el interior de las tuberías, eliminando así, cualquier remanente de óxido, escorias, polvo y suciedad.
- Utilizar el conjunto adecuado de llaves para evitar deformaciones en los elementos roscar o desenroscar.
- Antes de poner en marcha los sistemas por primera vez en zafra es necesario operar la bomba manualmente para verificar el libre movimiento de la misma y cebarla si fuera necesario.
- Antes de poner en funcionamiento las bombas de los sistemas de lubricación, asegurarse que exista suficiente lubricante en los recipientes y abstenerse a accionar las bombas en vacío.
- Asegurarse que las válvulas de paso de los sistemas a funcionar se encuentren abiertos y los que no operen tengan cerradas sus respectivas válvulas para evitar malfuncionamientos.

2.2.7 Proceso de mantenimiento correctivo

Un mantenimiento correctivo ocurre cuando dentro del sistema de lubricación un equipo o accesorio presenta averías o fallas no planificadas que provocan la interrupción parcial o total del servicio que el sistema proporciona a cada una de las chumaceras. Las actividades necesarias para llevar a cabo el mantenimiento correctivo están compuestas por todas aquellas que se realizan de forma directa en el equipo y que son necesarias dentro de la acción del mantenimiento ejemplificándose en el diagrama de flujo de la figura 51.

Figura 51. Diagrama de flujo del mantenimiento correctivo de los sistemas de lubricación de chumaceras

Proceso Mantenimiento Correctivo de los Sistemas de Lubricación de Chumaceras



2.2.8 Análisis de costos

El análisis de costos se resumirá en dos partes, costo de lubricación de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar y el costo indirecto que se genera por las actividades de mantenimiento de los sistemas de lubricación. Esta información se detalla a continuación.

2.2.8.1 Costo de lubricación

Para el análisis de los costos de la lubricación luego de terminar el control de temperaturas en las chumaceras de los molinos de caña de azúcar dentro del ingenio se compararon las salidas de bodega del lubricante de chumaceras realizadas antes de la implementación del sistema de control con las salidas de bodega realizadas durante el período donde se llevo a cabo el control de temperaturas de las chumaceras que comprendió 93 días de la zafra 2008-2009.

- **Consumo de lubricante para el Tándem de Molinos A**

Tabla XVII. Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem “A” del día 61 al 153 de zafra

DIA ZAFRA	FECHA	COD_RECIBO	SALIDA (Lbs.)	TÁNDEM
65	20/01/2009	543066	400	T. A.
72	27/01/2009	543770	400	T. A.
74	29/01/2009	544058	400	T. A.
79	03/02/2009	544453	400	T. A.
85	09/02/2009	544494	400	T. A.
89	13/02/2009	545111	400	T. A.

94	18/02/2009	546045	400	T. A.
98	22/02/2009	546512	400	T. A.
103	27/02/2009	547019	400	T. A.
109	05/03/2009	547605	400	T. A.
115	11/03/2009	548171	400	T. A.
134	30/03/2009	550301	400	T. A.
141	06/04/2009	551025	400	T. A.
152	17/04/2009	551694	400	T. A.

Fuente: Departamento de Compras.

De la tabla anterior se puede decir que a partir del día 60 de zafra en el Tándem de Molinos A se retiraron de bodega un total de 14 toneles de grasa Mollub Alloy 8031/6000 de 400 libras cada uno. Además se consumieron 4 toneles de aceite SUGARPRESS BR1000 de 55 galones cada uno como parte de la prueba del aceite que duró un período de 15 días en los cuales fue necesario un proceso de flushing de 2 días con 2 toneles de aceite para eliminar la grasa distribuida en la red de tuberías del sistema. La prueba por su período de duración corresponde a un aproximado de 2 toneles de grasa Mollub Alloy 8031/6000. Durante el período de 93 días en los cuales se llevo el control de temperaturas se molió un total de 836013.86 toneladas de caña de azúcar para el Tándem de Molinos A.

Calculando el rendimiento del lubricante para los Molinos Tándem A en días/tonel con la fórmula (1) se tiene:

$$Rendimiento = \frac{93[\text{Días}]}{16[\text{Tonel}]}$$

$$Rendimiento = 5.81 \left[\frac{\text{Dias}}{\text{Tonel}} \right]$$

Calculando el consumo por toneladas de caña molida con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{16[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{836013.86[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.00765537 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

El dato obtenido de consumo por tonelada de caña molida del período del control de temperaturas de las chumaceras se puede comparar con el dato de consumo por tonelada molida para el período previo a la implementación del control. El valor resultante de la comparación de los consumos es el mejoramiento logrado en el consumo de lubricante para el Tándem A, siendo este el siguiente:

$$\text{Mejoramiento del consumo} = \left(\frac{0.008253756 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]}{0.00765537 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]} - 1 \right) \times 100$$

$$\text{Mejoramiento del consumo}_{\text{Tándem A.}} = 7.8\%$$

El mejoramiento del consumo alcanzado respecto a los datos obtenidos al inicio del presente proyecto para el Tándem de Molinos A fue de un 7.8% de ahorro en el consumo en libras de lubricante por tonelada de caña molida.

- Consumo de lubricante para el Tándem de Molinos B

Tabla XVIII. Salidas del almacén grasa Mollub Alloy 8031/6000 Tándem “B” del día 61 al 153 de zafra

DIA ZAFRA	FECHA	COD_RECIBO	SALIDA (Lbs.)	TÁNDEM
62	17/01/2009	542790	400	T. B.
70	25/01/2009	543586	400	T. B.
79	03/02/2009	544453	400	T. B.
89	13/02/2009	545584	400	T. B.
99	23/02/2009	546600	400	T. B.
110	06/03/2009	547645	400	T. B.
122	18/03/2009	548936	400	T. B.
134	30/03/2009	550211	400	T. B.
149	14/04/2009	551476	400	T. B.

Fuente: Departamento de Compras.

De la tabla anterior se puede decir que a partir del día 60 hasta el día 153 de zafra en el Tándem de Molinos B se retiraron de bodega un total de 9 toneles de grasa Mollub Alloy 8031/6000 de 400 libras cada uno. Durante este período de 93 días en los cuales se llevó el control de temperaturas se molió un total de 691302.76 toneladas de caña de azúcar para el Tándem de Molinos B.

Calculando el rendimiento del lubricante para los Molinos Tándem B en días/tonel con la fórmula (1) se tiene:

$$Rendimiento = \frac{93[\text{Días}]}{9[\text{Tonel}]}$$

$$Rendimiento = 10.33 \left[\frac{Días}{Tonel} \right]$$

Calculando el consumo por toneladas de caña molida con la fórmula (2) se tiene:

$$CTCM = \frac{9[\text{Toneles}] \times 400 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Tonel}} \right]}{691302.76[\text{Ton. de caña molida}]}$$

$$CTCM = 0.00520755 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

El dato obtenido de consumo por tonelada de caña molida del período del control de temperaturas de las chumaceras se puede comparar con el dato de consumo por tonelada molida para el período previo a la implementación del control. El valor resultante de la comparación de los consumos es el mejoramiento logrado en el consumo de lubricante para el Tándem B siendo este el siguiente:

$$Mejoramiento\ del\ consumo = \left(\frac{0.00628133 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]}{0.005207559 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]} - 1 \right) \times 100$$

$$\mathbf{Mejoramiento\ del\ consumo}_{Tandem\ B.} = \mathbf{20.61\ \%}$$

Para el Tándem de Molino B se pudo alcanzar un mejoramiento del consumo respecto a los datos obtenidos al inicio del presente proyecto de un 20.61% de ahorro en el consumo en libras de lubricante por tonelada de caña molida.

Con los datos de consumo de lubricantes por tonelada de caña molida para el Tándem de Molinos A y el Tándem de Molinos B se puede estimar el costo de lubricación por tonelada de caña molida para el período donde se aplicó el sistema de control de temperaturas y consumo; con el precio promedio de \$.4.125 dólares por libra de grasa que se utilizó en la zafra 2008-2009 para la lubricación de las chumaceras el costo por tonelada de caña molida es:

Costo de lubricante por tonelada de caña molida para el Tándem A:

$$\text{Costo de lubricación} = \text{Precio de lubricante} \times \text{CTCM}$$

$$\text{Costo de lubricación}_{\text{Tándem A}} = 4.125 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Lbs}} \right] \times 0.00765537 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

$$\text{Costo de lubricación}_{\text{Tándem A}} = \mathbf{0.0315} \left[\frac{\text{USD}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

Costo de lubricante por tonelada de caña molida para el Tándem B:

$$\text{Costo de lubricación}_{\text{Tándem B}} = 4.125 \left[\frac{\text{USD}}{\text{Lbs}} \right] \times 0.005207559 \left[\frac{\text{Lbs}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

$$\text{Costo de lubricación}_{\text{Tándem B}} = \mathbf{0.0214} \left[\frac{\text{USD}}{\text{Ton. caña molida}} \right]$$

El costo de lubricar las chumaceras de los molinos de caña de azúcar es de \$0.0315 centavos por tonelada de caña molida para el Tándem A y \$0.0214 centavos por tonelada de caña molida para el Tándem B. Tomando en cuenta que la capacidad diaria de molienda es de 10,500 y 8,500 toneladas de caña para el Tándem A y B respectivamente.

Costo de lubricación diaria

$$= 0.0315 \left[\frac{\text{USD}}{\text{TCM}} \right] \times 10,500[\text{TCM}] + 0.0214 \left[\frac{\text{USD}}{\text{TCM}} \right] \times 8,500[\text{TCM}]$$

$$\text{Costo de lubricación diaria} = 512.65 [\text{USD}]$$

Esto quiere decir que el costo diario de lubricante de chumaceras de los molinos se redujo de un valor de \$577.15 dólares inicial a un valor de \$512.65 dólares.

2.2.8.2 Costo indirecto de mantenimiento preventivo

Dentro toda actividad de mantenimiento se incurre en costos directos e indirectos. Los costos directos están conformados por el recurso humano y el conjunto de materiales necesarios para llevar a cabo la actividad de mantenimiento. Los costos indirectos dentro de un mantenimiento son aquellos generados como efecto de la actividad de mantenimiento, siendo estos: la pérdida de producción, demoras en el proceso, costos de capital por stocks de repuestos, entre otros.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo realizadas a los molinos de caña de azúcar existen algunas que como parte de su ejecución requieren el paro parcial o total de los equipos, afectando esto la cantidad diaria de caña molida y la producción de azúcar diaria respectivamente. Para completar las 19000 toneladas diarias de caña molida los parámetros de molienda establecidos en los tándem corresponden a 460 toneladas de caña molida por hora para el Tándem de Molinos A y 340 toneladas de caña molida para el Tándem de Molinos B. El ingenio posee dentro de sus procesos de planta un rendimiento de generar 222.21 libras de azúcar por tonelada de caña

molida siendo este un valor alto entre los ingenios de la región. Con un precio del azúcar crudo internacional de 0.154USD⁵ por libra. Es posible calcular el costo de la pérdida de producción diaria derivado de la actividad de mantenimiento.

El costo de pérdida de producción por la actividad mantenimiento en el Tándem de Molinos A es de:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= 460 \left[\frac{TCM}{hr.} \right] \times 222.21 \left[\frac{lbs.}{TCM} \right] \times 0.154 [USD] \\ \text{Costo} &= 15,670.51 \left[\frac{USD}{hr.} \right] \end{aligned}$$

Para el Tándem de Molinos B:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= 340 \left[\frac{TCM}{hr.} \right] \times 222.21 \left[\frac{lbs.}{TCM} \right] \times 0.154 [USD] \\ \text{Costo} &= 11,634.91 \left[\frac{USD}{hr.} \right] \end{aligned}$$

El costo indirecto como pérdida de producción de la actividad de mantenimiento para los tándem de molinos son de \$ 15,670.51 dólares por hora de paro para el Tándem A y \$ 11,634.91 dólares por hora de paro para el Tándem B. Este costo se basa en la meta de producción diaria establecida para los equipos, por lo que, la caña que no se logra moler durante el día se mantiene disponible para moler durante el siguiente día de zafra.

⁵ <http://lta.reuters.com> precios internacionales del azúcar, mayo 2009.

Si se busca que las actividades de mantenimiento se realicen de una manera efectiva y tiempo de reemplazo de piezas dañadas en los equipos sea el mínimo es necesario que el mecánico encargado del mantenimiento posea las herramientas y los repuestos necesarios a la mano. Para lograr lo anterior descrito es importante hacer un cálculo de un stock de repuestos en bodega con el fin que se asegure la existencia de los repuestos claves del equipo. La compra de repuestos para mantener en existencia en bodega como un stock de seguridad como se explico anteriormente genera costos indirectos hacia el capital de la empresa debido que durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento no necesariamente se utilizan todos los repuestos y accesorios adquiridos dentro del stock de repuestos.

Para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en los sistemas de lubricación de chumaceras instalados en el área de molinos de caña de azúcar es necesario un stock de repuestos en bodega con un costo total de Q. 35,884.30 detallado en la tabla XIX. Este costo se logro calcular luego de analizar los repuestos según las cantidades necesarias para el desarrollo de las actividades de mantenimiento, su complejidad para ser adquiridos en el mercado local y su criticidad para el funcionamiento de los equipos; el detalle se incluye en la siguiente tabla.

Tabla XIX. Cantidades de repuestos y accesorios necesarios en existencia en bodega⁶

COD. EQ.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD NECESARIA STOCK	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
9200	COJINETE # 6305-2Z SKF	1	Q 65.04	Q 65.04
9452	COJINETE # 7305 BEP SKF	1	Q 106.50	Q 106.50
9373	COJINETE 7207B SKF	1	Q 167.38	Q 167.38
3093	CONO # 1986 TIMKEN	3	Q 35.27	Q 105.81
2970	CONO # 41126 TIMKEN	1	Q 160.02	Q 160.02
2821	CONO # 418 TIMKEN	2	Q 241.87	Q 483.74
2908	CUNA # 1931 TIMKEN	3	Q 129.46	Q 388.38
3172	CUNA # 41286 TIMKEN	1	Q 71.32	Q 71.32
3056	CUNA # 414 TIMKEN	2	Q 120.54	Q 241.08
59011	KIT DE REPARACION 84968 LINCOLN	2	Q 215.41	Q 430.82
91579	MICRO-SWITCH (CON BASE) FT-1580-IC8	1	Q 1,198.21	Q 1,198.21
32625	PISTON ROD PACKING 236537 GENERICO	50 C/U	Q 16.18	Q 809.00
32621	PLUNGER PACKING 237969 GENERICO	25 C/U	Q 95.74	Q 2,393.50
12243	PUMP SERVO KIT DJ45055K (DJ-4 3C) FARVAL	1	Q 5,692.17	Q 5,692.17
37751	RETENEDOR # 450040 NATIONAL	2	Q 34.82	Q 69.64
3455	RETENEDOR # 471571 NATIONAL	2	Q 20.36	Q 40.72
37751	RETENEDOR # 473215 NATIONAL	2	Q 34.82	Q 69.64
3474	RETENEDOR # 473225 NATIONAL	1	Q 29.56	Q 29.56
37962	RETENEDOR 10049 CR	2	Q 126.26	Q 252.52
20131	TUBO COBRE FLEXIBLE 1/4" O.D. GENERICO (PIE)	25	Q 5.52	Q 138.00
5854	TUBO COBRE FLEXIBLE 3/8" O.D. GENERICO (PIE)	150	Q 8.53	Q 1,279.50
2230	VALVULA DE 2 PUNTOS LUBRICACION DM-62	3	Q 1,847.15	Q 5,541.45
12228	VALVULA DE 3 PUNTOS LUBRICACIÓN DM-53	3	Q 2,221.77	Q 6,665.31
42379	VALVULA DE REVERSA LUBRICACIÓN DR45	1	Q 8,457.78	Q 8,457.78
33421	VALVULA ESFERA (BOLA) 2000 WOG INOX ROSC 1/2"	3	Q 284.13	Q 852.39
12014	V-CUP PACKING 34403 GENERICO	2	Q 87.41	Q 174.82

TOTAL

Q 35,884.30

⁶ Datos proporcionados por el Departamento de Compras. Con una tasa de cambio de Q.8.25.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN (CREACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS, EN LAS ÁREAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN)

El principal objetivo del presente capítulo es proporcionar los lineamientos utilizados para el desarrollo de un plan de contingencia contra sismos en las áreas dentro de fábrica del Ingenio Santa Ana.

3.1 Plan de contingencia ante sismo

En un plan de contingencia contra sismos es aquel que describe los principales procedimientos y acciones a adoptar de manera oportuna, adecuada y efectiva frente a eventos sísmicos que pudieran acontecer durante la estancia de personal dentro de las instalaciones de la planta. Las situaciones de emergencia por sismos pueden ocurrir en cualquier época del año. Por consiguiente es necesario mantenerse preparado para este tipo de eventualidad. Para el desarrollo de un plan de contingencia para la división industrial del ingenio se tomaron en cuenta además de la división industrial, la división de recursos humanos, división informática, salones de conferencia y el departamento de compra. Basándose en la necesidad de estar preparados para poder reaccionar en una emergencia de sismo de manera adecuada durante se creó un plan que establece los objetivos y su alcance, un orden de responsables y coordinadores del plan, un procedimiento adecuado a seguir, y por último, se establecieron las rutas y lugares seguros dentro de las instalaciones adecuadas a utilizar para cualquier evacuación.

3.1.1 Propósito del plan de evacuación y atención

El propósito del plan de contingencia es el de establecer un procedimiento formal y escrito que indique las acciones a seguir para afrontar con éxito una emergencia y que esté en armonía con la política de seguridad del Ingenio.

3.1.2 Fin principal del plan

Organizar y coordinar las actividades de emergencia derivadas de la actividad sísmica dentro de las instalaciones del Ingenio.

3.1.3 Alcance del plan

El plan deberá seguirse en todas las áreas de la división industrial las cuales incluyen: Cogeneración, Taller Mecánico, Taller Eléctrico, Calderas, Patio de Caña, Molinos, Recuperación de Azúcar, Bodegas de Materiales y Bodegas de Azúcar, Auxiliares de Mantenimiento; además, el plan de contingencia abarca la división de recursos humanos y división Informática cuyos edificios se encuentran cercanas a la división industrial.

3.1.4 Objetivo del plan de evacuación y atención

Proteger vidas humanas, reducir al mínimo el daño que las instalaciones y el equipo puedan sufrir, así como optimizar el uso de recursos humanos y materiales comprometidos en el control de emergencia.

3.2 Descripción de funciones de los responsables y esquema de coordinación

Un plan de contingencia debe incorporar en su contenido una descripción del personal necesario para su activación y ejecución donde se debe incluir descripciones de sus principales funciones. A continuación se presenta la información de las principales funciones de los responsables y coordinadores del plan de contingencia.

3.2.1 Funciones del responsable del plan

El responsable de la ejecución y mantenimiento del plan de contingencia es el Jefe de Seguridad Industrial de la Fábrica, teniendo las siguientes funciones:



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
SEGURIDAD LABORAL DIVISIÓN INDUSTRIAL

FUNCIONES DEL RESPONSABLE DEL PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS

- Ser el principal jefe de emergencia en el orden de sucesión y dirigir las acciones a tomar durante de la misma.
- Establecer el orden de sucesión de mando a principio del período de reparación y a principio del periodo de zafra.
- Verificar la correcta aplicación del plan, así como brindar asesoría en las acciones correctivas que puedan aplicarse para mejorar el sistema de respuesta ante la emergencia.
- Organizar reuniones con los jefes de áreas para tratar temas de mejoramiento de las condiciones de seguridad.
- Dirigir en forma regular los simulacros para probar el sistema de respuesta en situación de emergencia.

3.2.2 Funciones de los coordinadores del plan

Durante la activación y ejecución del plan de contingencia es necesaria la ayuda e intervención que puedan brindar los coordinadores del plan para quienes deben velar por la ejecución del plan, estar presentes en los distintos puntos de reunión y que sirvan como canales de información al jefe de emergencia. Las personas que conforman el grupo de coordinadores del plan de contingencia son: los jefes de turno de fábrica en época de zafra, los gerentes de áreas, los jefes de área y los supervisores de turno. Los coordinadores del plan tienen las siguientes funciones:



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
SEGURIDAD LABORAL DIVISIÓN INDUSTRIAL

FUNCIONES DE LOS COORDINADORES DEL PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS

- Informar, transmitir y ejecutar las acciones que promueva del jefe de emergencia.
- Anteponer la vida humana sobre otros intereses en la toma de decisiones.
- Identificar situaciones de emergencia previsibles y la evaluación de impactos potenciales.
- Apoyar a todo el personal de las áreas en evacuación dentro de las instalaciones, operación de equipos de rescate y la protección, en la medida posible, la maquinaria y materiales del Ingenio.
- Apoyar en los simulacros para probar el sistema de respuesta en situación de emergencia.

3.2.3 Definición del puesto de mando

El puesto de mando funciona como el jefe de la emergencia, es quien tiene que velar por la debida ejecución del plan de contingencia, de la coordinación con entidades externas y la creación de canales de información entre los diferentes puntos de reunión. El criterio de utilizado para la adjudicación de este puesto se basa en los conocimientos de la persona en materia seguridad industrial, capacidad de comunicarse con los coordinadores y con el exterior, voz de mando dentro del ingenio y conocimiento de la mayoría del personal que labora durante el turno. De lo anterior, el jefe de seguridad industrial es la primer persona designada para este cargo durante la emergencia pero si él no estuviera dentro de las instalaciones del ingenio o estuviera indispueto a llevar a cabo dicho rol, el orden de sucesión de jefe de emergencia recaería en uno de los coordinadores del plan enumerados en el inciso 3.2.2; quienes deben de conocer y respetar un orden en la sucesión de mando, que facilitará la facultad de tomar decisiones y de emitir instrucciones en todo momento.

3.2.4 Funciones del puesto de mando

Las funciones que posee la persona que tenga la responsabilidad del puesto de mando dentro de una emergencia del tipo sísmica son:



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
SEGURIDAD LABORAL DIVISIÓN INDUSTRIAL

FUNCIONES DEL PUESTO DE MANDO DE LA EMERGENCIA DEL PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS

- Coordinar y dirigir las acciones a tomar durante la emergencia.
- Verificar la correcta aplicación del plan.
- Facilitar el trabajo de los coordinadores del plan durante la ejecución del mismo manteniéndolos informados.
- Anteponer la vida humana sobre otros intereses en la toma de decisiones.
- Identificar situaciones de emergencia previsibles y la evaluación de impactos potenciales.
- Apoyar a todo el personal de las áreas en evacuación dentro de las instalaciones, operación de equipos de rescate y la protección, en la medida posible, la maquinaria y materiales del Ingenio.
- Apoyar en los simulacros para probar el sistema de respuesta en situación de emergencia.

3.3 Pasos del sistema de evacuación

Se estableció un listado actividades necesarias a adoptar por el personal durante y después del desarrollo de una emergencia natural del tipo sísmica dentro de las instalaciones del ingenio las cuales se enlistan a continuación.

- **Medidas que se deben de tomar durante un sismo:**



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
SEGURIDAD LABORAL DIVISIÓN INDUSTRIAL

**PASOS A SEGUIR DURANTE UN SISMO
PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS**

- Mantener la calma.
- Protegerse en un lugar más seguro.
- Si se está en el interior de un edificio se recomienda:
 - Colocarse debajo de una mesa o escritorio fuerte.
 - Alejarse de las ventanas o puertas de cristal.
 - Mantenerse alejado e los pasillos suspendidos
 - Alejarse de los depósitos y/o tanques de material a altas
 - Mantenerse alejado e los pasillos suspendidos
 - Alejarse de los depósitos y/o tanques de material a altas temperaturas.
 - No usar los ascensores.
 - Evitar el uso de las escaleras durante el sismo.
 - Mantener abiertas las puertas de los laboratorios y salones.
- Si se está en el interior de un edificio se recomienda:
 - Quedarse en un área libre hasta que pase el sismo.

- Alejarse de las líneas eléctricas, líneas de combustible o de agua, postes de alumbrado eléctrico, árboles, edificios y muros; si es posible dirigirse a un lugar abierto, libre de
- Si va en un vehículo, detenerlo y salir de él y colocarse junto al mismo si este no posee carga.
- Permanecer en un lugar seguro hasta que pase el movimiento

- **Medidas que deben tomarse después de un sismo:**



GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA
SEGURIDAD LABORAL DIVISIÓN INDUSTRIAL

<p>PASOS A SEGUIR DESPUÉS DE UN SISMO PLAN DE CONTINGENCIA CONTRA SISMOS</p>

- Utilizar un radio comunicador si posee uno, escuchar las instrucciones y noticias.
- Salir del refugio cuando pase el sismo.
- Actuar de acuerdo con el plan establecido según su ubicación, siguiendo las ordenes del coordinador de emergencia más cercano.
- Ubicar las rutas de salida de emergencia.
- Salir en calma y sin distracciones.
- Dirigirse a los lugares seguros y seguir las instrucciones dadas por el puesto de mando de la emergencia.
- Hacer gestiones de búsqueda de personas heridas y brindar primeros auxilios.

- No mover personas con heridas a menos que este en peligro inminente.
- Revisar el edificio en busca de grietas y daños incluyendo techos, paredes y zapatas.
- Realizar una rápida evaluación de las pérdidas y daños, para informar al puesto de mando de la emergencia y poder solicitar con ello la asistencia necesaria para realizar una evaluación más detallada y formal, considerando:
 - Pérdidas de:
 - ◆ Vida humana.
 - ◆ Propiedades.
 - Daños a:
 - ◆ Vida humana (heridos).
 - ◆ Propiedad:
 - ✓ Edificios.
 - ✓ Accesos.
 - ✓ Utilidades:
 - Agua.
 - Electricidad.
 - Teléfono.
 - Materiales.
 - ✓ Equipos.

3.3.1 Identificar los riesgos a los que se exponen los trabajadores en las instalaciones

Un riesgo se puede definir como la combinación de probabilidades de que ocurra un evento o una exposición peligrosa, y durante una emergencia como lo es un desastre natural los riesgos operacionales se acentúan en mayor grado. Como medio de ayuda en el diseño del plan de contingencia y prevención de desastres, el análisis de riesgos potenciales dentro de las instalaciones es necesario. El análisis de riesgos desarrollado en el presente trabajo de graduación se realizó mediante la observación de las diferentes áreas de trabajo, el análisis las condiciones de trabajo del personal y la enumeración de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores al desarrollar sus actividades.

3.3.2 Riesgos dentro de las instalaciones

Se realizó un estudio de los riesgos a los que se expone el personal que labora en las diferentes aéreas que conforman las instalaciones del Ingenio los cuales se enlistan a continuación.

ÁREA DE PATIO DE CAÑA

- Riesgos

- Exposición a polvos.
- Exposición a partículas fibrosas.
- Exposición a inhalación de humo, procedente de camiones cañeros.
- Sordera ocupacional por ruido.

- Cuerpos extraños en los ojos.
- Caídas en gradas o pasillos deslizantes.
- Golpe de calor.
- Heridas provocadas por puntas de caña.
- Exposición a la humedad, (riesgo biológico).
- Ceguera ocupacional por exposiciones a radiaciones de soldadura.

- **Recomendaciones de acciones preventivas**

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para los soldadores que incluye guantes de cuero de manga alta, careta y gabacha de cuero.
- Se capacite a operadores y ayudantes nuevos, antes de asignarles sus tareas, sobre medidas de seguridad.
- Proveer de ropa gruesa o impermeable, guantes, mascarilla, tapones para oídos, botas de hule y casco a las personas que limpian la parte inferior de las mesas y los conductores de caña.
- Revisión permanente de las escaleras y pasamanos, para evitar caídas.
- Señalizar el área para restringir el paso de peatones, asignando rutas para hacerlo.

ÁREA DE MOLINOS

- Riesgos

- Caídas en gradas o pasillos deslizantes.
- Golpes y heridas por mal uso de herramientas.
- Exposición a partículas fibrosas.
- Vibraciones.
- Deshidratación por calor y vapores.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Quemaduras por vapor.
- Rotura de acoplamientos de molinos.
- Prensado de miembros y/o ropa por piezas móviles.
- Enfermedades de la piel por contacto de lubricantes.
- Ceguera ocupacional por exposición a radiaciones de soldadura.
- Desprendimiento de piezas suspendidas en grúas.
- Quemaduras por contacto con agua caliente de limpieza.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para los soldadores que incluye guantes de cuero de manga alta, careta y gabacha de cuero.

- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Revisión de pasamanos en los pasillos cercanos a los conductores intermedios entre molinos y en las áreas de paso.
- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Se capacite a operadores y ayudantes nuevos, antes de asignarles sus tareas, sobre medidas de seguridad.
- Señalización de áreas de alto riesgo para trabajadores y visitantes.
- Seguimiento con la señalización durante los períodos de lavado con agua caliente del área.
- Control y limpieza de derrames de jugo y/o químicos.
- Limpieza de derrames de lubricante.

ÁREA DE CLARIFICACIÓN

- Riesgos

- Caídas en gradas o pisos deslizantes.
- Deshidratación por el calor.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Quemaduras por agua y/o jugo caliente.
- Quemaduras por tuberías calientes.
- Quemaduras químicas por contacto con azufre o soda.
- Intoxicación por inhalación de azufre.

- **Recomendaciones de acciones preventivas**

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Complementar el equipo de protección personal a los dosificadores de azufre con equipo especial de protección respiratoria.
- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Control y limpieza de derrames de jugo.
- Supervisión en la manipulación y aplicación de azufre y cal.
- Señalización de tuberías.

ÁREA DE EVAPORACIÓN

- **Riesgos**

- Caídas en gradas o pisos deslizantes.
- Deshidratación por el calor.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Quemaduras por vapor, agua y/o jugo caliente.
- Quemaduras por tuberías y paredes calientes.
- Quemaduras químicas por contacto con ácido o soda.
- Intoxicación por inhalación de ácido o soda.

- **Recomendaciones de acciones preventivas**

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Complementar el equipo de protección personal a los dosificadores de ácido con equipo especial de protección respiratoria.
- Control y limpieza de derrames de jugo y/o químicos.
- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Señalización de tuberías.

ÁREA DE TACHOS

- **Riesgos**

- Caídas en gradas o pisos deslizantes.
- Caídas en tanques.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Deshidratación por calor.
- Prensado de miembros y/o ropa por piezas móviles.
- Desprendimiento de piezas suspendidas en grúa alzadora.

- **Recomendaciones de acciones preventivas**

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.

- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Control y limpieza de derrames de jugo.
- Señalización de áreas de alto riesgo para trabajadores y visitantes.
- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Señalización de área de carga y descarga de grúa de tachos.

ÁREA DE CENTRIFUGAS

- Riesgos

- Sordera ocupacional por ruido.
- Caídas por escaleras o pisos deslizantes.
- Deshidratación por exceso de calor.
- Quemaduras por jugo, agua caliente y melaza.
- Prensado de miembros y/o ropa por piezas móviles.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Control y limpieza de derrames de mieles.
- Limpieza de acumulaciones de azúcar y/o mieles.
- Revisión de escaleras y pisos para evitar caídas.

- Colocación de guardas protectoras en poleas y acoplamientos de motores eléctricos.

ÁREA DE ENVASADO Y BODEGAS DE AZÚCAR

- Riesgos

- Heridas por manipulación de equipo de envasado.
- Lumbago de esfuerzo por malas posturas y levantamientos de sacos.
- Heridas y cortaduras por fajas transportadoras.
- Caídas de pasillos resbaladizos y estibaciones altas.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Complementar el equipo de protección personal a los cargadores de sacos con cinturones de fuerza.
- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Rotación del personal para evitar problemas de carga física.

ÁREA DE CALDERAS

- Riesgos

- Exposición a partículas fibrosas.
- Exposición a inhalación de humo, procedente de los hogares de las calderas.

- Quemaduras por radiación de temperatura.
- Quemaduras por vapores.
- Quemaduras de piel por productos químicos.
- Caídas al bajar y subir gradas.
- Golpes en la cabeza con vigas.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Deshidratación por calores y vapores.
- Quemaduras en la cara y extremidades por chispas proyectadas desde las calderas.
- Prensado de miembros y/o ropa por fajas y piezas móviles.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para los soldadores que incluye guantes de cuero de manga alta, careta y gabacha de cuero.
- Complementar el equipo de protección personal a los fogoneros de las calderas con gabachas de cuero.
- Señalización de áreas de alto riesgo para trabajadores y visitantes.
- Colocar equipo lava ojos en el área.
- Instalación de protectores para los conductores de bagazo.
- Colocación de guardas protectoras en poleas y cadenas de motores eléctricos.

- Revisión de escaleras y pasillos para evitar caídas.
- Limpieza periódica de las acumulaciones de bagacillo.

ÁREA DE COGENERACIÓN

- Riesgos

- Quemaduras en la piel por fugas de vapor.
- Caídas por escaleras o pisos deslizantes.
- Sordera ocupacional por ruido.
- Lesiones por puesta en marcha de maquinaria en forma imprevista.
- Lesiones y quemaduras por contacto con dispositivos eléctricos no aislados.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Supervisión del uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal en buen estado para el personal operativo.
- Complementar el equipo de protección personal a los electricistas con equipo especial como guantes para alta tensión.
- Supervisión y uso de los procedimientos de trabajos eléctricos establecidos en el ingenio.
- Un normalizado en el uso de calzado tipo industrial con suela antideslizante, para evitar posibles caídas.
- Implementar la señalización de zonas de peligro de alto voltaje y unidades electrificadas.

ÁREA DE LABORATORIO DE FÁBRICA

- Riesgos

- Quemaduras en la piel por manipulación de químicos.
- Intoxicación por inhalación de químicos.

- Recomendaciones de acciones preventivas

- Supervisión con el uso y seguimiento con la entrega de equipo de protección personal adecuado para la manipulación e químicos.
- Capacitación al personal sobre primeros auxilios por problemas químicos.

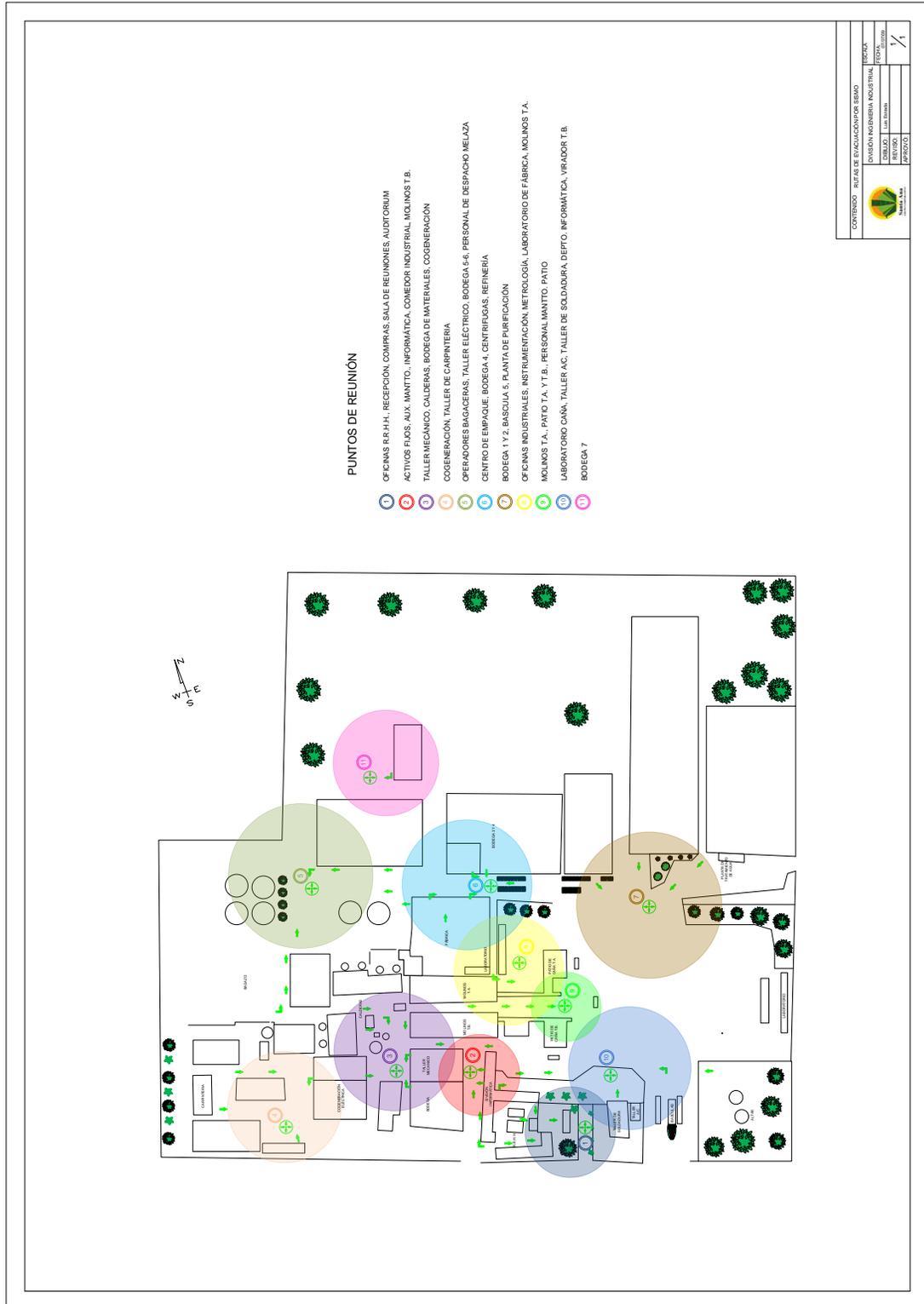
3.3.3 Identificación gráfica de lugares seguros

En esta etapa se enumeran los lugares que se identificaron como zonas seguras que forman parte de los puntos de reunión distribuidos dentro de las instalaciones.

3.3.3.1 Lugares seguros

Un lugar seguro dentro de las instalaciones de una industria es aquel donde los riesgos a que ocurran accidentes son muy bajos o nulos. Se llevo a cabo una revisión de las áreas de trabajo dentro de las instalaciones del ingenio y se identificaron varios lugares seguros que pueden ser utilizados como puntos de reunión de emergencia dando como resultado el plano mostrado en la figura 52.

Figura 52. Plano puntos de reunión y rutas de evacuación



3.3.3.2 Rutas de evacuación

Las rutas de evacuación son desplazamientos mínimos a realizar para poder llegar a los puntos de reunión establecidos que consideran el diseño de las zonas y la ubicación de la maquinaria. Un total de 11 puntos de reunión de emergencia se localizaron dentro del área de la fábrica, los cuales son:

Punto de Reunión 1

- **Ubicación**
Parqueo de recepción.
- **Descripción**
El punto de reunión esta ubicado en el parqueo de vehículos en la recepción del ingenio ya que tiene la característica de ser un área despejada sin cables eléctricos a sus alrededores. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 80 personas en período de zafra y reparación.
- **Departamentos y/o áreas que abarca**
Recepción.
Sala de reuniones.
Auditórium.
Oficinas R.R.H.H.
Departamento de Compras.

Punto de Reunión 2

- **Ubicación**
Oficinas Activos Fijos.
- **Descripción**
El punto de reunión se ubica entre las oficinas de activos fijos y el edificio que funciona como almacén de materiales en un área

despejada libre de obstáculos y cables eléctricos. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 40 personas.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Oficinas R.R.H.H.

Activos Fijos.

Auxiliares de Mantto.

Informática.

Molinos T.B.

Operador Molinos T.A.

Punto de Reunión 3

- **Ubicación**

Almacén CAISA.

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica frente a la recepción del almacén industrial en un área despejada libre de obstáculos y cables eléctricos. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 60 personas.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Taller Mecánico.

Calderas.

Bodega de Materiales.

Cogeneración.

Punto de Reunión 4

- **Ubicación**

Atrás del Depto. de Cogeneración

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica en la parte posterior del edificio de cogeneración junto a la bodega 22 en un área despejada libre de

obstáculos y cables eléctricos. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 20 personas.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**
Cogeneración.
Taller Carpintería.

Punto de Reunión 5

- **Ubicación**
Bodega 5-6
- **Descripción**
El punto de reunión se ubica en la esquina del edificio que funciona como Bodega 5-6 en un área despejada libre de obstáculos. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 10 personas.
- **Departamentos y/o áreas que abarca**
Bagaceras
Bodegas 5-6
Taller Eléctrico

Punto de Reunión 6

- **Ubicación**
Centro de Empaque
- **Descripción**
El punto de reunión se ubica frente al edificio que funciona como centro de empaque siendo esta el área más despejada del sector. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 50 personas.
- **Departamentos y/o áreas que abarca**
Centro de Empaque.
Bodega 4-2.

Centrifugas.
Refinería.
Tacho Continuo.

Punto de Reunión 7

- **Ubicación**

Bodega 1

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica en la esquina de la Bodega 1 en un área libre de obstáculos. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 30 personas.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Bodega 1

Báscula 5

Planta de Purificación

Punto de Reunión 8

- **Ubicación**

Detrás de Transformadores de Potencia Variadores de Molinos.

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica detrás de los transformadores de potencia de variadores de molino por ser el área más despejada del sector. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 40 personas.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Oficinas Industriales

Instrumentación

Metrología

Laboratorio Fábrica

Molinos T.A.

Punto de Reunión 9

- **Ubicación**

Entre Mesas Patio de Caña T.A. y T.B.

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica al inicio del conductor 1 de caña del Tándem A junto al Transformador del patio tándem A. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 20 personas en su mayoría soldadores que laboran en el área de patio de caña.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Molinos T.A.

Patio T.A. y T.B.

Personal Mantenimiento del patio de caña.

Punto de Reunión 10

- **Ubicación**

Taller de Soldadura Patio de Caña

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica en la entrada del taller de soldadura del patio de caña en una zona libre cableado eléctrico. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 40 personas entre ellos técnicos en A/C, soldadores y mecánicos del patio de caña, conductores de camiones de caña en época de zafra y personal administrativo del área de informática.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Laboratorio de Caña.

Taller A/C.

Taller Soldadura.

Depto. Informática.

Virador T.B.

Conductores de camiones de caña.

.

Punto de Reunión 11

- **Ubicación**

Bodega 7

- **Descripción**

El punto de reunión se ubica en el área libre junto a la zona de carga y descarga de la bodega 7. Este punto fue establecido para recibir un aproximado de 15 personas conformadas por personal de despacho de azúcar del ingenio y personal externo de transporte de azúcar.

- **Departamentos y/o áreas que abarca**

Bodega 7

4. FASE DE DONCENCIA (CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL CONTROL DE TEMPERATURAS, CONTROL DE CONSUMO DE LUBRICANTE Y EL PLAN DE CONTINGENCIA DE SISMOS)

Debido a la gran importancia que actualmente posee el personal dentro de las empresas, actualmente el tema de capacitación de personal forma parte de las políticas de las empresas con el objetivo de potenciar el recurso humano con el que cuentan. Siendo el Ingenio Santa Ana una empresa que se interesa en el desarrollo y adiestramiento de su personal fue posible realizar jornadas de capacitación en trabajo conjunto con el equipo de capacitación del departamento de recursos humanos del Ingenio.

El principal objetivo del presente capítulo es proporcionar las bases utilizadas para el desarrollo de la fase de docencia enfocada en el desarrollo de jornadas de capacitación dentro de las instalaciones donde se desarrollo el EPS.

4.1 Detección de Necesidades

La detección de necesidades de capacitación se destaca como un estudio que mediante su implementación permite generar una idea de la situación del conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que poseen los trabajadores que laboran en la empresa y determinar las brechas de conocimientos, habilidades y actitudes existentes entre lo establecido los perfiles de cada puesto y la situación real.

El objetivo de la detección de necesidades es evidenciar la diferencia entre la situación esperada en que trabaje el personal y la situación real dentro de la cual se encuentra el personal trabajando. Al lograr obtener resultados en dicho objetivo es posible conocer a que trabajador y en qué temas específicos es necesario que se le capacite, calculando la prioridad y rango de alcance de la capacitación.

4.1.1 Proceso de detección de necesidades

La utilización de la detección de necesidades de capacitación implica dentro de su uso el realizar un diagnóstico que permita visualizar el estado real del personal de la empresa. Las necesidades que se observan como resultado del diagnóstico de necesidades de capacitación pueden ser del tipo evidentes y no evidentes. Las necesidades no evidentes pueden describirse como las que se originan por deficiencias de ejecución, debido a la carencia de conocimientos, habilidades y actitudes, en los puestos que desempeñan actualmente los trabajadores y por lo tanto la capacitación que se imparta debe resolver oportunidades de mejora y existentes. Las necesidades evidentes son aquellas que sus causas son manifiestas sin necesidad de realizar un estudio minucioso.

La selección de temas y personal para la realización de las jornadas de capacitación necesarias a impartir fueron el resultado de un proceso de detección de necesidades de capacitación realizado por el personal de capacitación del departamento de recursos humanos del ingenio quienes hicieron uso de las siguientes técnicas.

4.1.2 Entrevistas

Se basa en obtener información mediante una serie de preguntas dirigidas a los trabajadores y a sus jefes inmediatos. Las entrevistas a utilizar pueden ser del tipo abiertas, estructuradas y semi-estructuradas. La figura 53 muestra un ejemplo de una hoja que une la técnica de entrevista con la técnica de observación, la hora es dirigida a los jefes de departamentos cuya función es identificar las actividades y tareas más importantes desarrolladas en cada puesto para luego ser analizadas en la hoja de descripción por competencias laborales mostrada en la figura 54. La hoja de competencias laborales muestra dentro de su información una casilla donde se enumeran los conocimientos necesarios y las áreas de competencia del puesto siendo esta casilla donde se despliegan las áreas de conocimiento a reforzar en las capacitaciones. La información generada a través de las entrevistas contiene detalles sobre posibles problemas y deficiencias del trabajador con su entorno, lo que facilita la identificación de necesidades de capacitación en áreas específicas que son necesarias para que los trabajadores desarrollen sus actividades de manera más adecuada. El tipo de entrevista utilizada fue la de tipo semi-estructurada dirigida a los trabajadores, a los jefes inmediatos y jefes de área.

4.2 Planificar reuniones

El seguimiento del sistema de control de temperaturas debe de realizar luego del inicio del período de zafra, se aconseja que se lleven a cabo revisiones de los resultados parciales obtenidos del control de temperaturas de chumaceras de los molinos de caña de azúcar, planificándose con períodos no mayores a 30 días entre revisiones siendo el primero luego del día 30 de zafra. Las reuniones deben ser planificadas de tal modo que los jefes del área y los supervisores encargados de la operación de los molinos estén presentes. El objetivo de esta reunión es evaluar si se está cumpliendo con los objetivos propuestos, una revisión del estado actual de los equipos hasta la fecha de la revisión y propuestas de mejora al control.

4.2.1 Avance del control de temperaturas

Se sugiere incluir los siguientes temas dentro del esquema de los informes parciales de las reuniones del avance del control de temperaturas de las chumaceras:

- Resumen de cambios realizados a los equipos y dispositivos de los sistemas de lubricación.
- Tabla resumen de comportamiento de las temperaturas operacionales de las chumaceras de los molinos por tándem.
- Tabla resumen de aplicación de agua a las chumaceras de los molinos.
- Gráfica del comportamiento general de las temperaturas por molino.
- Gráfica del comportamiento de los tiempos de espera utilizados en los sistemas.
- Gráfica comparativa de curvas de consumo por tiempos de espera.

- Cálculos de consumos teóricos y consumos proyectados para terminar zafra.

4.2.2 Acciones correctivas

Luego de la presentación de cada informe parcial y del análisis respectivo de los resultados parciales obtenidos, se aconseja realizar un listado de propuestas para mejoras incluyéndose los siguientes temas.

- Cambios en los tiempos actuales de espera entre ciclos.
- Cambios en la apertura de los inyectores.
- Mejoras y/o cambios en los dispositivos de inyección o regulación de los sistemas de lubricación.
- Mejoras para evitar el ingreso de guarapo a las chumaceras.

4.3 Programación de capacitaciones

Las jornadas de capacitación impartidas como parte de las actividades desarrolladas dentro de este proyecto se pueden clasificar en dos tipos diferentes de capacitaciones. El primer tipo de capacitación incluyo temas sobre lubricación y clasificación de lubricantes que se impartió de manera conjunta con el jefe del área de capacitación del ingenio. Esta capacitación estuvo dirigida a los mecánicos especializados y primera, soldadores especializados y de primera, torneros y ayudantes de mecánicos; cada capacitación de este tipo tuvo una duración de 8 horas semanales de las cuales se impartieron 4 horas a 3 grupos con promedio de 35 personas por grupo.

El segundo tipo de capacitación incluyo temas de seguridad industrial que se impartió de manera conjunta con el jefe de seguridad industrial del

ingenio. Este segundo tipo de capacitación estuvo dirigida a todo el personal operativo que labora dentro del ingenio, incluyéndose los departamentos eléctricos, automatización, mecánicos en general, cogeneración y bodegas de azúcar; cada capacitación realizada de este tipo tuvo una duración de 8 horas semanales de las cuales se lograron impartir jornadas completas de alrededor de un total de 90 trabajadores.

El conjunto de capacitaciones que se realizaron estaban compuestas por temas y subtemas organizados con el objetivo de reducir o eliminar las brechas de conocimientos y habilidades identificadas en la detección de necesidades de capacitación realizada, estos temas fueron aprobados por los jefes del departamento de capacitación en asociación con los jefes de áreas.

A continuación se enlistan los temas tratados en las actividades de capacitación que se llevaron a cabo en el desarrollo del presente proyecto.

4.3.1 Sistema de control de temperaturas de chumaceras

Parte del contenido de la capacitación del sistema de control de temperaturas se muestra en la figura 55 y está conformado por tres elementos, primero, la recolección de datos operacionales como los valores de temperatura, apertura de inyectores, aplicación de agua de enfriamiento y otros datos adicionales. Segundo, el ingreso de los datos recolectados previamente a la hoja electrónica en MS Excel que permite el almacenamiento, la comparación y análisis de los datos. Tercero, el análisis de las posibles modificaciones a los sistemas, su aplicación y el seguimiento de sus resultados. A continuación se presenta parte de la presentación de este tema.

Figura 55. Sistema de Control de temperatura de chumaceras



4.3.2 Sistema de lubricación de chumaceras Lincoln y Farval

Cuando se tienen varios puntos de lubricación cercanos entre cada uno y la necesidad de ser abastecidos de lubricante en períodos de tiempo relativamente cortos, es cuando, la instalación y el uso de sistemas automáticos de lubricación es necesario. Siendo lo descrito anteriormente las condiciones propias de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar el uso de estos sistemas automáticos hace de la actividad de lubricar una actividad más segura y confiable que asegura la buena operación de los equipos. Es necesario conocer las principales características de los principales accesorios disponibles

y los criterios a la hora del diseño de redes de lubricación. En la figura 56 se presenta parte de la presentación de este tema.

Figura 56. Sistemas de lubricación de chumaceras Farval y Lincoln



4.3.3 Instrucciones del plan de contingencia contra sismos

Para la aplicación del plan de contingencia es necesario que todo el personal dentro de las áreas abarcadas por el mismo tenga conocimiento de las características y procedimientos más importantes del mismo.

Es necesario informar de los brigadistas y su función dentro del plan de emergencias, la ubicación de cada uno de los puntos de reunión y las

recomendaciones a seguir en caso de sismo. La figura 57 muestra parte de la presentación impartida sobre este tema.

Figura 57. Procedimiento plan de contingencia contra sismos

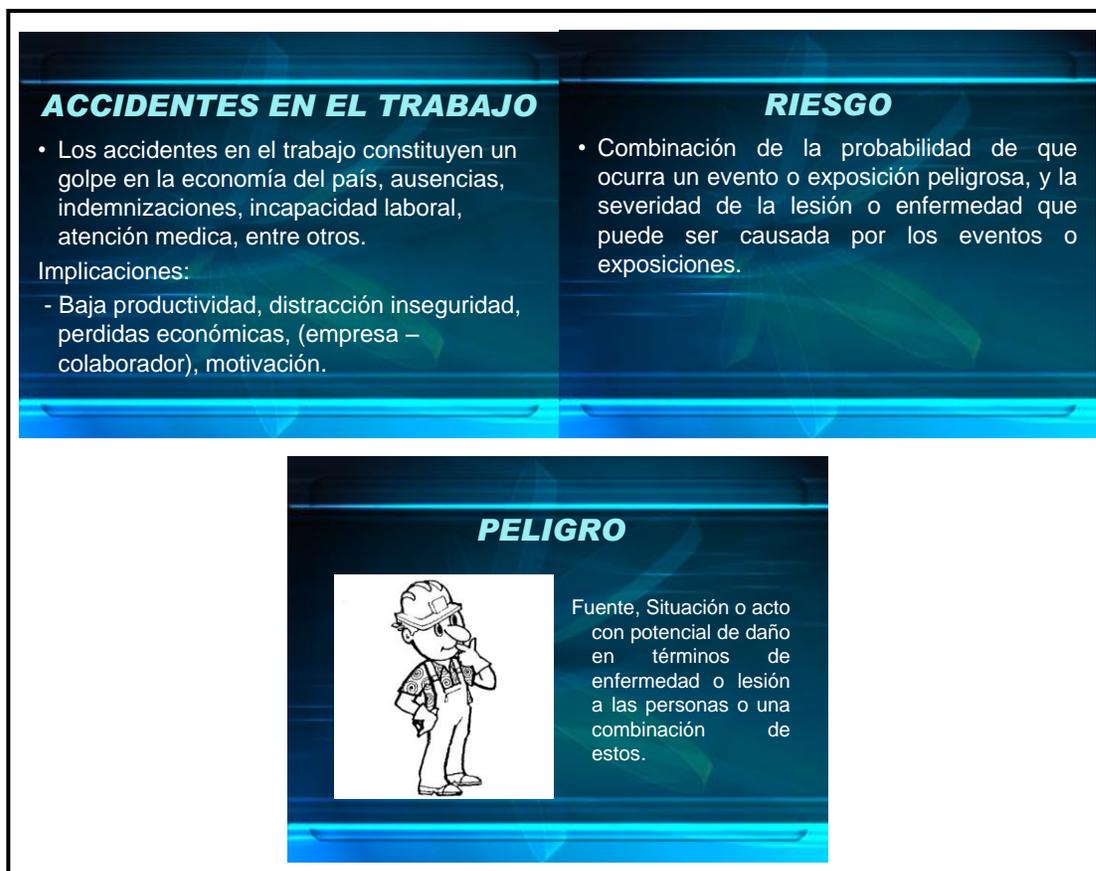
The image shows a presentation slide with a blue background and white text. The slide is divided into two main sections. The left section is titled "PLANES DE EVACUACIÓN" and contains a bullet point: "Es una secuencia de pasos que permite responder de forma adecuada en cualquier situación de emergencia, ya sean desastres naturales o tecnológicos." Below this text is a small cartoon illustration of a man pointing to a sign that says "PLAN". The right section is titled "QUE HACER EN CASO DE SISMOS?" and contains a list of instructions: "Mantener la calma y transmitir al Personal que tenga cerca.", "Manténgase alejado de ventanas, Cristalerías, cuadros, u objetos que puedan caerse.", "Si esta en las instalaciones del ingenio, mantenga la calma y evacua hacia las zonas de seguridad (puntos de reunión).", and "Si esta en el exterior, manténgase alejado de los edificios, postes, cables, o cualquier estructura que este en riesgo de colapsar." To the right of this text is a small photograph of a collapsed building. Below these two sections is a third section with a dark blue background and white text, containing three bullet points: "No trate de mover a heridos, a no ser que conozca las técnicas adecuadas.", "De ser posible cierre todas las válvulas de combustible, vapor, gas, entre otros.", and "No encienda fósforos, mecheros o artefactos de llama abierta, por si hubiera químicos inflamables en el ambiente."

4.3.4 Información de los factores de riesgos y las condiciones de evacuación

Durante la estancia el personal dentro de la empresa es necesario que conozcan los riesgos a los cuales están expuestos, creando un ambiente de búsqueda de seguridad. El conocimiento de los riesgos a los cuales se puede exponer el trabajador durante sus actividades normales ayuda en los casos de

una emergencia; en el caso de una emergencia de origen sísmico es necesario que el personal identifique y adopte medidas que reduzcan los riesgos generados durante el sismo para no ser víctimas de accidentes. La figura 58 presenta parte de la presentación impartida sobre este tema.

Figura 58. Factores de riesgo



4.4 Metodología de capacitación

La capacitación debe ser un proceso colectivo de discusión y reflexión que busque durante su desarrollo enriquecer el conocimiento individual, aumentando la confianza, la posición asertiva, el desarrollo individual y potenciar el colectivo.

La metodología utilizada en esta fase se dividió en dos etapas, primero, exposiciones interactivas y personalizadas, segundo, práctica para los temas que aplicaron el uso de este método, permitiendo al participante relacionar los temas expuestos y aprendidos con ejemplos de la realidad de la empresa y a su desempeño cotidiano. Orientado el proceso de capacitación en incrementar sus capacidades operativas de análisis e innovación así como las destrezas técnicas requeridas para responder con éxito a los retos que plantea el desarrollo de sus actividades.

Las actividades de capacitación se realizaron en el salón auditorium ubicado en las instalaciones de la empresa donde durante la impartición de los programas de capacitación se utilizó material didáctico escrito y audiovisual elaborado por el equipo de capacitación de la división de recursos humanos para facilitar la adquisición de conocimientos y habilidades en el proceso de capacitación

4.5 Evaluación de capacitación

La evaluación es una herramienta donde los responsables de la capacitación se aseguran que los temas desarrollados dentro de la capacitación están bien entendidos para los participantes. Por lo descrito, la evaluación se considera un instrumento muy importante como punto de partida para futuras capacitaciones.

Luego de finalizar las actividades de enseñanza de las capacitaciones de lubricantes y seguridad Industrial se evaluó a la totalidad de asistentes con evaluaciones similares a las presentadas en la figuras de la 59 a la figura 62.

Figura 59. Formato de evaluación capacitación seguridad industrial

Fecha: ___ / ___ / ___	
DEPARTAMENTO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO CAPACITACIÓN: SEGURIDAD INDUSTRIAL	
	
EVALUACIÓN FINAL	
Nombre: _____	Código: _____
Instrucciones: Subraye la respuesta correcta.	
1. ¿Cómo se acciona un extinguidor portátil? a) Remueva el marchamo, quite el pin, apunte la boquilla y apriete la manija. b) Apunte la boquilla y apriete la manija del extinguidor. c) Apriete el extinguidor y vacíe el mismo.	
2. Es aquel trabajo que tiene actividades de corte, soldadura, esmerilado y uso de sopletes. a) Trabajo en áreas confinadas. b) Trabajo en caliente. c) Trabajos con riesgo eléctrico.	
3. Para levantar objetos pesados desde el suelo, se deben seguir el siguiente procedimiento. a) Hacer la mayor fuerza con la espalda, para no lastimar las piernas. b) Hacer más esfuerzo con la cintura para no lastimar la espalda. c) Mantener la espalda recta y hacer le esfuerzo con las piernas.	
4. ¿A qué altura debe una persona utilizar arnés como equipo de protección? a) Trabajo realizado en el suelo. b) Trabajo a más de 1.8 metros. c) Trabajo a más de 5 metros.	
5. ¿En qué tipo de trabajo es recomendable mantener equipo de incendio en áreas? a) Trabajos en escaleras. b) Trabajos en caliente c) Trabajos donde existe mucho ruido.	

**Figura 60. Formato de evaluación capacitación seguridad industrial
(continuación)**

6. Tipo de guante a utilizar para protección en la manipulación de productos como ácidos, soda cáustica, entre otros.
 - a) Guantes para uso mecánico
 - b) Guantes para uso químico.
 - c) Guantes para uso térmico.

7. Tipo de guante a utilizar como protección para trabajos en ambientes de alta temperatura.
 - a) Guantes para uso mecánico
 - b) Guantes para uso químico.
 - c) Guantes para uso térmico.

8. Tipos de iluminación de acuerdo a su fuente.
 - a) Natural y artificial
 - b) Potencia y velocidad
 - c) Blanca y de colores

9. Cuál es el criterio para utilizar un respirador con filtro.
 - a) Contra partículas de polvo y materiales físicos no tóxicos.
 - b) Cuándo existe exposición a vapores solventes, gases tóxicos o ácidos.
 - c) Cuándo hay demasiado frío en el ambiente.

10. Tipo de mascarilla adecuado para ambientes de partículas físicas no tóxicas, y polvos contaminantes.
 - a) Mascarilla desechable.
 - b) Respirador con filtro.
 - c) Equipo auto contenido.

11. Son los tres elementos necesarios para poder crear fuego.
 - a) Tierra – Agua - Sol
 - b) Luz – Metal - Carbón
 - c) Calor – Combustible - Oxígeno

12. Tipo de incendio en donde se recomienda utilizar agua para eliminar el fuego.
 - a) Fuegos que involucran materiales orgánicos sólidos
 - b) Fuegos que involucran combustibles y sustancias inflamables.
 - c) Fuegos que involucran equipos eléctricos energizados.

13. Tipos de protección auditiva
 - a) Tapones y orejeras
 - b) Googles y orejeras
 - c) Arnés y escaleras

14. La protección de la cabeza se divide en las siguientes categorías
 - a) Resistentes al agua, a la combustión y a la electricidad.
 - b) Resistentes a olores químicos, excesiva iluminación y humedad.
 - c) Resistente a el sol, a lluvia y verano.

15. ¿Cuál es debe ser la ubicación cuando se utiliza un extinguidor en un incendio?
 - a) Con la espalda hacia la salida, entre 6 y 8 pies del fuego.
 - b) De frente a la salida, a más de 20 pies del fuego
 - c) A un lado de la salida, a menos de 5 pies del fuego.

Figura 61. Formato de evaluación capacitación lubricantes y lubricación

Fecha: ___ / ___ / ___	
DEPARTAMENTO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO CAPACITACIÓN: LUBRICACIÓN	
	
EVALUACIÓN FINAL	
Nombre: _____	Código: _____
Instrucciones: Subraye la respuesta correcta.	
1. Los aceites además de reducir la fricción en un motor tiene las siguientes características. a) Refrigerante y amortiguar. b) No necesitan aditivos por tener una excelente estructura. c) Existen únicamente de origen sintético	
2. Es la resistencia que un líquido tiene a fluir. a) Fricción b) Viscosidad c) Densidad	
3. Es la propiedad más importante de las grasas a) Viscosidad b) Antioxidante c) Consistencia	
4. Característica de los aceites multigrado a) Viscosidad apropiada para arranque en frío y funcionamiento en caliente. b) Se aplica únicamente en temperaturas de invierno. c) No contiene aditivos.	
5. Son criterios para elegir un lubricante a) Producto a producir y sabor del producto b) Carga y velocidad de trabajo	
6. Criterio para elegir entre una grasa y un aceite a) Por el lugar de aplicación b) Por el precio c) Por el color de cada uno	
7. Característica de aplicación de una grasa de alta consistencia. a) Trabajo para altas velocidades b) Trabajo para altas cargas c) Para cualquier tipo de trabajo	
8. Los aceites lubricantes de engranajes tienen la siguiente clasificación: a) SAE b) SB c) GL	

**Figura 62. Formato de evaluación capacitación lubricantes y lubricación
(continuación)**

9. Es el aditivo que se encarga de limpiar las partículas de carbono que se encuentran en las paredes del motor.
 - a) Detergente
 - b) Mejorador de la viscosidad
 - c) Antiespumante

10. Es la resistencia a moverse entre dos objetos.
 - a) Fricción
 - b) Desgaste
 - c) Abrasión

CONCLUSIONES

1. Es posible la creación de una herramienta digital que facilite el análisis y la toma de decisiones en el control de las temperaturas y consumo de lubricante, logrando un mejoramiento del consumo y del costo de 7.8 % para el Tándem de Molinos A y de 20.61% para el Tándem de Molinos B.
2. Se realizó una prueba controlada con un lubricante tipo aceite como una opción para el actual haciendo uso del sistema de control de las temperaturas de operación de las chumaceras de los molinos de caña de azúcar, reflejando unas condiciones de operación de los molinos levemente mejores para la grasa durante el tiempo donde se aplicaron las mismas cantidades de lubricante.
3. Es posible mejorar el desempeño de un lubricante de chumacera de caña de azúcar, mediante el mejoramiento de las condiciones mecánicas de las chumaceras y sellos de salida de jugo de los molinos.
4. El uso de un lubricante tipo aceite contra un lubricante tipo grasa aplicado a una chumacera de un molino de caña mostro la ventaja de no dejar residuos sólidos al sufrir calentamiento en su operación, reduciendo así los taponamientos ocurridos durante la prueba además de ser una opción que asegura un mejor costo por unidad de tonel.

5. Los sistemas de lubricación tendrán un mantenimiento preventivo durante el período de zafra en el cual se realizarán trabajos de inspección, ayudando a la detección temprana, reduciendo con ello los paros inesperados en el servicio de lubricación.

6. La proyección de consumo de lubricante para chumaceras de los molinos de caña de azúcar para la próxima zafra 2009-2010 es de 48 toneles.

RECOMENDACIONES

1. Para que el sistema de control funcione adecuadamente es necesario entender su fin supremo, que es la mejora del uso de lubricante de las chumaceras, por lo que es necesario que todo el personal relacionado directa o indirectamente con dichos servicios, entienda y forme parte activa en el programa, con el fin de mejorar dichos sistemas, por lo que el sistema de monitoreo debe ser participativo e incluyente.
2. Al supervisor encargado del ingreso de hojas de temperatura, informar constantemente de los resultados de implementación del sistema de control de temperaturas, con el fin de medir el impacto real sobre las actividades del mismo.
3. A los encargados de molinos y sus ayudantes disminuir la presencia continua de agua como medio de enfriamiento en las chumaceras, según sea el origen del calentamiento mediante la revisión y reparación de las tuberías de lubricación, inyectoros, protectores contra jugos, etc.
4. A los encargados de molinos y sus ayudantes, evitar la presencia de agua en las superficies de los objetos donde se hace la toma de temperaturas, debido a que esto aumenta la probabilidad de obtener valores erróneos de temperatura.

5. A los jefes del área de molinos, realizar la actualización y mejora de las hojas de mantenimiento e inspección cuando sea necesario, con la búsqueda constante de nuevos métodos y aplicaciones del servicio de mantenimiento, con el fin de crear una base técnica en el personal que ejecuta dichas tareas en búsqueda de la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A; Theodore Baumeister; Ali Sadegh. **“Marks Standard Handbook for Mechanical Engineers”**, eleventh edition, United States of America, Editorial McGraw-Hill. 2006.
2. Gómez Bravo, Oscar. **“Contabilidad de Costos”**. México, Editorial McGraw-Hill. 2005.
3. Groussard, Thierry. **“Visual Basic.Net: Programe con Visual Studio 2008”**, España, Editorial Eni. 2009.
4. Haynes, Marion E. **“Administración de Proyectos: Desde la idea hasta la implementación”**, México, Grupo Editorial Iberoamericana. 1992.
5. Hugot, E. **“Manual Para Ingenieros Azucareros”**, tercera edición, México, Editorial Continental. 1974.
6. Maynard, Hodson William K. **“Manual del Ingeniero Industrial”**, cuarta edición, Mexico, Editorial McGraw-Hill. 2001.
7. Mont, Robert L. **“Diseño de Elementos de Máquinas”**, cuarta edición, México, Editorial Pearson Educación. 2006.
8. Morrow, L. C. **“Manual de Mantenimiento Industrial”**, decimoprimer edición, México, Editorial Continental. 1986.

9. Smith, William. “**Ciencia e Ingeniería de Materiales**”, tercera edición, México, Editorial McGraw-Hill. 2004.

10. Walkenbach, John. “**Excel 2003, Programación con VBA**”, España, Editorial Anaya Multimedia. 2004.